

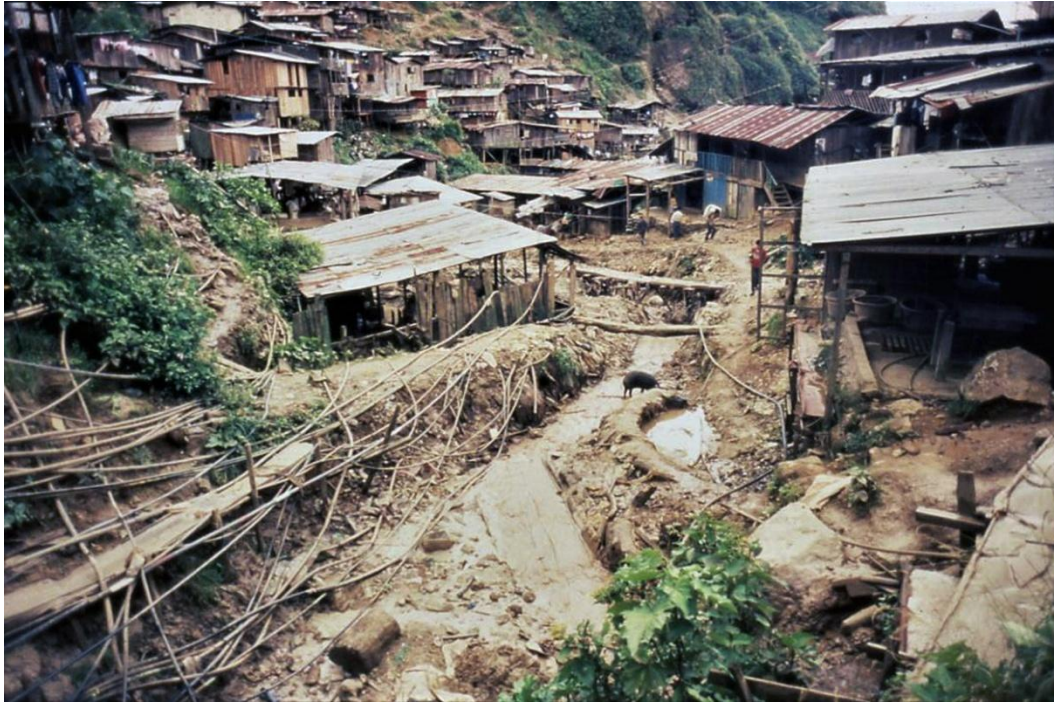
**MINERALIZACIÓN, POTENCIAL MINERAL
Y METALOGÉNESIS DE LA
CORDILLERA REAL DEL ECUADOR**



British Geological Survey

Keyworth
Nottinghamshire

PATRI MATRIQUE



La mina Nambija en 1988 y su “calle” principal contaminada con mercurio y arsénico,
donde cerdos y niños caminan

Gold fever

“So what do you do all day up in the mountains?”
“Surveying the rocks,” say I.
Faces then pucker with misunderstandings:
‘Looking for gold then,” I sigh.

In Latin America nobody goes
Up into the hills for fun.
It’s always for treasure or nuggets of gold:
Shining, sparkling, in the Sun.

They dream of their gold in those stories of old
Passed down from father to son.
They know where it lies: in those hills further back:
The end of the rainbow’s run.

Just look at Nambija: a mountain of gold:
A triumph of lust and greed:
There’s squalor and poison, mayhem and murder:
Dante’s Inferno indeed.

Yet a perverse seduction’s haunting the place,
If you overcome the smell.
They’re dicing each day for death or tomorrow:
It’s drama, it’s life, it’s Hell.

It came with the Spanish, this fever for gold:
Just a missionary vice.
Destroying the Incas who worshipped the Sun
For something without a price.

No farmers were they, Pizarro and Cortez,
To work the soil and grow old.
But they still rule their lands in the name of Christ
Upon their altars of gold.

*Martin Litherland
Inca Treasure
Poems from the Andes of Ecuador*



Grupo familiar lavando oro en el área de Sardinas del río Jatunyacu



Vista hacia la mina Peggy, con granito mineralizado y cizallado en el área minera

Overseas Development Administration,
Foreign and Commonwealth Office,
United Kingdom of Great Britain
and Northern Ireland

Ministerio de Energía y Minas,
República del Ecuador

**MINERALIZACIÓN, POTENCIAL MINERAL
Y METALOGÉNESIS DE LA
CORDILLERA REAL DEL ECUADOR**

**Reporte final de los resultados del
Estudio de la Geología Económica del
Proyecto de Investigación Geológica Cordillera Real (1991-1993)
CODIGEM – Misión Británica, Quito**

por

Richard A. Jemielita, BSc., Ph.D., M.I.M.M

ODA/BGS

Ing. John Bolaños

CODIGEM

Stalyn Paucar

Traducción al español (2026)

Referencia

Jemielita, R. A. y Bolaños, J. (1993) *Mineralización, Potencial mineral y Metalogénesis de la Cordillera Real del Ecuador* (Stalyn Paucar, Trad. y Ed., 2026). Reporte final de los resultados del Estudio de la Geología Económica del Proyecto de Investigación Geológica Cordillera Real (1991-1993), CODIGEM – Misión Británica, Quito.

CONTENIDO

PÁGINA

PREFACIO

RESUMEN

1. GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN DE LA CORDILLERA REAL DEL ECUADOR	1
1.1 Estudios geológicos previos	1
1.2 Marco geológico regional	2
1.3 Geología de la Cordillera Real	2
1.4 Historia de la minería en el Ecuador	9
2. METALES PRECIOSOS	10
2.1 Oro - Depósitos aluviales	10
2.1.1 Zumba-Valladolid-Vilcabamba	10
2.1.2 Amaluza - Cera – Loja	12
2.1.3 Zamora - Nambija - Chinapintza - Yantzaza	12
2.1.4 Nabón - Tutupali - San Miguel de Cuyes - Chigüinda	13
2.1.5 Sigsig - Principal - Gualaceo - Sevilla de Oro	17
2.1.6 Paute - Méndez	23
2.1.7 Macas	24
2.1.8 Riobamba	26
2.1.9 Palora	26
2.1.10 Región de Tena	28
2.1.11 Cosanga - El Chaco	31
2.1.12 La Sofia - Río Cofanes	34
2.2 Oro - Depósitos de paleoplacer	35
2.3 Resumen: Oro-Depósitos aluviales	35
3. METALES PRECIOSOS – MINERALIZACIÓN PRIMARIA	37
3.1 Oro	37
3.1.1 Mineralización aurífera en sulfuros masivos volcanogénicos	37
3.1.2 Mineralización de oro epitermal alojada en volcánicos	38
3.1.3 Mineralización de oro relacionada con pórfidos	41
3.1.4 Mineralización de oro en skarns	43
3.1.5 Mineralización de oro relacionada con intrusiones de granodiorita	44
3.1.6 Mineralización de oro en vetas de cuarzo mesotermiales	45
3.1.7 Mineralización miscelánea de oro	45
3.2 Plata	46
3.2.1 Mineralización de plata en sulfuros masivos volcanogénicos	46
3.2.2 Mineralización de plata epitermal hospedada en rocas volcánicas	47
3.2.3 Mineralización de plata relacionada con pórfidos	48
3.2.4 Mineralización de plata miscelánea	49
3.3 Controles estructurales en la mineralización primaria de oro-plata	50
3.3.1 Vetas de cuarzo mesotermiales ($\pm$ oro)	50
3.3.2 Mineralización Au-Ag alojada en volcánicos relacionada con epitermales y pórfidos	50

4. METALES BASE	53
4.1 Cobre, plomo y zinc	53
4.1.1 Mineralización de Cu, Pb, Zn en sulfuros masivos volcanogénicos	53
4.1.2 Mineralización de Cu, Pb, Zn epitermal alojada en volcánicos	53
4.1.3 Mineralización de Cu, Pb, Zn relacionada con pórfidos	54
4.1.4 Mineralización de Cu, Pb, Zn en skarn	56
4.1.5 Mineralización de Cu, Pb, Zn relacionada con intrusiones de granodiorita	56
4.1.6 Mineralización de Cu, Pb, Zn miscelánea	57
4.2 Cadmio	59
5. METALOIDES Y MERCURIO	60
5.1 Arsénico	60
5.2 Antimonio	60
5.3 Bismuto	61
5.4 Mercurio	62
6. METALES DE LA ASOCIACIÓN INTRUSIVA MÁFICA/ULTRAMÁFICA	63
6.1 Metales del Grupo del Platino (MGP)	63
6.2 Cromo	63
6.3 Níquel	64
6.4 Cobalto	65
6.5 Vanadio	65
6.6 Titanio	65
7. METALES FERROSOS	66
7.1 Hierro	66
7.2 Manganeseo	66
8. METALES GRANÓFILOS	67
8.1 Molibdeno	67
8.2 Tungsteno (Wolframio)	68
8.3 Estaño	69
9. METALES RAROS	70
9.1 Elementos de Tierras Raras	70
9.2 Niobio	70
10. MINERALES NO-METÁLICOS E INDUSTRIALES	71
10.1 Asbesto	71
10.2 Baritina/Bario	71
10.3 Carbonatos	71
10.4 Corindón	72
10.5 Diatomita	72
10.6 Feldespato	72
10.7 Fluorita	72
10.8 Granate	73
10.9 Gemas y curiosidades minerales	73

10.10 Grafito	74
10.11 Yeso	74
10.12 Aguas termales	74
10.13 Caolín y otras arcillas	74
10.14 Magnesita	75
10.15 Mica	75
10.16 Piedra ornamental	75
10.17 Rocas fosfáticas	75
10.18 Cuarzo y minerales de sílice	76
10.19 Minerales de sillimanita	76
10.20 Azufre	76
10.21 Talco	76
11. MINERALES ENERGÉTICOS	77
11.1 Carbón	77
11.2 Petróleo	77
11.3 Uranio	77
12. POTENCIAL MINERAL Y METALOGÉNESIS DE LA CORDILLERA REAL DEL ECUADOR	78
12.1 Potencial mineral	78
12.1.1 Mineralización de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS)	78
12.1.2 Skarns mineralizados	79
12.1.3 Mineralización relacionada con intrusiones de granodiorita	80
12.1.4 Mineralización diseminada, en brechas y vetas relacionada con pórfidos	80
12.1.5 Mineralización epitermal alojada en rocas volcánicas	81
12.1.6 Mineralización de vetas mesotermales en zonas de cizalla	81
12.1.7 La Falla Las Aradas-Baños	82
12.1.8 Depósitos de oro en paleoplaceres	83
12.1.9 Depósitos de oro aluvial	84
12.2 Historia metalogénica de la Cordillera Real del Ecuador	85
12.3 Mineralización del Cinturón de Fuego del Pacífico y el Potencial Mineral de la Cordillera Real de Ecuador	87
13. AGRADECIMIENTOS	88
14. REFERENCIAS	89

APÉNDICE A	Lista de hojas topográficas disponibles	97
APÉNDICE B	Lista de hojas geológicas disponibles	101
APÉNDICE C	Lista de mapas de campo – Geología Económica	105
APÉNDICE D	Resultado de los análisis, Cordillera Real	109
APÉNDICE E	Nota sobre los análisis XRF referidos en Litherland et al. (1990)	119
APÉNDICE F	Informes de comisión de la Cordillera Real – Estudio de Geología Económica (F1-F8)	121

TABLAS

1	Resumen de la geología pre-Cretácica de la Cordillera Real y la zona Subandina	6
---	--	---

FIGURAS

1	Principales fallas y rasgos geomorfológicos del Ecuador	3
2	Mapa geológico simplificado de las rocas pre-Cretácicas de la Cordillera Real y la zona Subandina	4
3	Sección esquemática a través de la Cordillera Real	8
4a	Ríos auríferos en el sur de la Cordillera Real	11
4b	Ríos auríferos en la parte central de la Cordillera Real	25
4c	Ríos auríferos en el norte de la Cordillera Real	32
5	Diagrama de la producción aproximada de oro en Ecuador en 1990	40
6	Geología general y ubicación de minas y prospectos de oro en el batolito de Zamora	42
7	Ubicaciones de mineralización de oro, plata y polimetálica en relación con el sistema de fallas transcurrente dextral Las Aradas-Baños	51-52
8	Diagrama de la historia geológica de la Cordillera Real del Ecuador	86

MAPAS

1	Veintiséis mapas de geotravesías (escala 1:50000)	en archivo separado
---	---	---------------------

PREFACIO

Este informe resume los resultados de un estudio de dos años (1991-1993) sobre la geología económica y el potencial mineral de la Cordillera Oriental (Real) del Ecuador. Este estudio forma parte del Proyecto Geológico de la Cordillera Real (1986-1993), un proyecto de cooperación técnica bilateral entre el Gobierno de Ecuador (Ministerio de Energía y Minas) y el Gobierno del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (Foreign and Commonwealth Office/Overseas Development Administration).

El trabajo de campo y de oficina fue realizado por el Dr. Richard A. Jemielita (BGS/ODA) y el Ing. Johnson Bolaños (INEMIN/CODIGEM), así como con contribuciones ocasionales de otro personal de INEMIN/CODIGEM. Todas las demás contribuciones a este informe están referenciadas adecuadamente.

El área de estudio comprende la Cordillera Oriental (Real) del Ecuador (Figura 1), un segmento de los Andes de 650 km de largo por aproximadamente 60 km de ancho. Las elevaciones oscilan entre los 1000 m en el este (Oriente) hasta casi los 6000 m en las cumbres de volcanes (recientemente) activos. Las áreas de interés económico rara vez superan los 4500 m.

El clima y la vegetación varían desde pastizales templados en las laderas occidentales, convirtiéndose en páramos fríos, nublados y húmedos a mayores altitudes. Las laderas orientales son igualmente frías, húmedas y nubladas, con un espeso bosque nuboso que casi llega a la divisoria de aguas. A altitudes más bajas, las laderas orientales adquieren un clima y una vegetación más tropicales.

Los estudios se han concentrado en las litologías metamórficas y plutónicas del basamento de la masa principal de la Cordillera Real, pero también han incluido las litologías volcánicas jóvenes adyacentes del graben interandino al oeste; y mayoritariamente rocas sedimentarias de las estribaciones subandinas al este. También se realizaron estudios limitados dentro del área del batolito de Zamora en el sureste de Ecuador debido a la importancia económica actual y potencial futura de esta zona.

El área de estudio es generalmente remota e inaccesible, con solo cuatro carreteras aptas para vehículos motorizados que cruzan la Cordillera Real. El acceso se realizaba normalmente en vehículos 4×4 y una combinación de mula/caballo, canoa o a pie. Se puede contratar guías y cargadores (generalmente indígenas nativos) de las comunidades locales de montaña y de la selva tropical.

Se dispone de buenos mapas topográficos a escala 1:50000 (Apéndice A) para gran parte de la Cordillera Real y mapas de escala similar, pero menos detallados (Censal), cubren algunas áreas. También se dispone de unos pocos mapas a escala 1:25000 muy detallados. Gran parte de la Cordillera Real está cubierta por fotografías aéreas de calidad razonablemente buena (escala 1:40000 a 1:60000). Se pueden obtener imágenes Landsat y SAAR.

RESUMEN

La Cordillera Real del Ecuador comprende un mosaico alargado de divisiones metamórficas-intrusivas batolíticas, algunas de las cuales se interpretan como terrenos acrecionados. El mapeo geológico regional ha dividido esta región, en gran parte inaccesible e inexplorada, en cinco divisiones litotectónicas informales de tendencia andina. Se ha realizado una evaluación de su metalogénesis y potencial mineral considerando asociaciones metalogénicas-litotectónicas conocidas, respaldadas por exploración de campo inicial.

De oeste a este, la geología del basamento comprende la división Guamote de sedimentos tipo flysch, limitada al este por la falla ofiolítica Peltetec; la división Alao, un terreno de arco de islas oceánicas del Jurásico Medio limitado al este por la falla Baños; la división Loja, un batolito de granito de tipo S del Triásico con biotita ($\pm$ moscovita $\pm$ granate) con litologías semipelíticas en los flancos; y nuevamente al este, la división Salado de litologías plutónicas y de arco de islas; seguida por la división Zamora de rocas volcánicas y plutónicas continentales. El basamento metamórfico-plutónico está intruido, en algunos lugares, por *plugs* máficos-ultramáficos del Cretácico tardío y plutones de diorita-granodiorita y riolita-dacita porfídica del Terciario. La Cordillera Real está flanqueada al oeste por rocas volcánicas y volcanoclásticas andesíticas-riolíticas del Terciario del graben interandino y, en algunos lugares, por sedimentos de cuenca del Mioceno. Al este, los sedimentos del Cretácico y más jóvenes de la zona subandina están en contacto tectónico o en inconformidad con las litologías del basamento.

Se han identificado los siguientes tipos de mineralización en la Cordillera Real y áreas adyacentes:

Sulfuros masivos volcanogénicos: Se han identificado al menos dos ejemplos de mineralización de VMS dentro de las litologías metavolcánicas de la subdivisión Alao-Paute (depósito de piritita-Au) y la subdivisión Upano (depósito polimetálico).

Skarns de oro: Actualmente se está extrayendo oro de depósitos de skarn alojados dentro de techos colgantes (*roof pendants*) volcano-sedimentarios (subdivisión Isimanchi) dentro del batolito de granodiorita-diorita Zamora del Jurásico (subdivisión Abitagua).

Mineralización relacionada con intrusiones de granodiorita: Algunos plutones de granodiorita del Terciario y sus aureolas (hidro-) térmicas albergan mineralización de sulfuros diseminados y vetas de cuarzo-sulfuro.

Mineralización relacionada con pórfidos: Mineralización polimetálica, diseminada, en vetas y en brechas intrusivas ocurre a lo largo del flanco oeste de la Cordillera Real, especialmente a lo largo de la falla Las Aradas-Baños.

Mineralización epitermal de Ag-Au: Existen minas de plata activas e históricas, junto con prospectos epitermales de veta, diseminados y de brecha que contienen valores anómalos de Ag, Au y otros metales, en litologías volcánicas, volcanoclásticas e intrusivas de andesíticas a riolíticas del Mioceno al Reciente del graben interandino, especialmente donde estas rocas se superponen al flanco occidental de la Cordillera Real, cerca de la falla Las Aradas-Baños.

Vetas de cuarzo mesotermiales alojadas en zonas de cizalla: Las vetas de cuarzo mesotermiales ocurren ampliamente dentro de las litologías del basamento metamórfico-plutónico cizallado de la Cordillera Real, pero se sabe que son auríferas solo en unas pocas localidades. La mineralización de este tipo probablemente originó gran parte del oro aluvial en depósitos de paleoplacer y aluviales situados a lo largo de los flancos de la Cordillera.

Otros tipos de mineralización primaria en la Cordillera Real incluyen ocurrencias de molibdeno y polimetálicas relacionadas con intrusiones, metales del grupo del platino relacionados con intrusiones máficas-ultramáficas, y ocurrencias de estaño y tungsteno aluvial relacionados con granitos de tipo S.

La mineralización secundaria está representada por depósitos de oro aluvial y de paleoplacer potencialmente enormes en formaciones sedimentarias del Cretácico y Terciario que ocurren principalmente en los flancos de la Cordillera Real, especialmente al este en la zona subandina y el Oriente.

La presencia generalizada de oro aluvial en los ríos que drenan la Cordillera Real se conoce desde la época colonial española, pero ninguno de los otros tipos de mineralización descritos anteriormente había sido ampliamente reconocido con anterioridad. Estos descubrimientos indican el tremendo potencial mineral económico de esta región, uno de los segmentos de los Andes menos conocidos y menos aprovechados.

1. GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN DE LA CORDILLERA REAL DEL ECUADOR

1.1 Estudios geológicos previos

La geología general del Ecuador fue descrita en el estudio clásico de Wolf (1892), que incluyó el primer mapa geológico publicado del país. Este trabajo ha sido seguido por diversos libros, memorias y mapas (Sauer, 1965; Servicio Nacional de Geología y Minería, 1969; Kennerley, 1980; Baldock, 1982). Un nuevo mapa geológico del Ecuador a escala 1:1000000 se encuentra en preparación (Litherland et al., en prep.).

La geología de la Cordillera Real del Ecuador había sido previamente poco estudiada; sin embargo, desde 1986 el basamento metamórfico-plutónico de esta región ha sido objeto de estudios geológicos más detallados (Aspden et al., en prensa; Aspden e Ivimey-Cook, en prensa; Aspden et al., 1993; Aspden y Litherland, 1992; Litherland y Aspden, 1992). Información geológica valiosa también se encuentra en los informes anuales del Proyecto de Investigación Geológica de la Cordillera Real, junto con los mapas asociados (Aspden, 1990; Litherland, 1987, 1988, 1989), así como en el informe de síntesis (Litherland et al., 1990).

Los estudios previos sobre la geología económica y el potencial mineral de la Cordillera Real también han sido relativamente limitados en alcance, y generalmente se han restringido a publicaciones de carácter más general que abarcan todo el país, o a informes privados de compañías mineras.

Navarro (1986) realizó una revisión de la evidencia documental relacionada con la minería en el Ecuador, desde los primeros tiempos coloniales hasta el siglo XX. Villavicencio (1858) efectuó descripciones breves de depósitos de oro aluvial en ríos que drenan la Cordillera Real y otras regiones del país. Wolf (1892), en su obra sobre la geografía y geología del Ecuador, presenta descripciones detalladas de minas en el país y describe áreas seleccionadas de oro aluvial en la Cordillera Real, acompañadas de análisis de oro. Otras revisiones de la geología económica del Ecuador, que incluyen información sobre la Cordillera Real, han sido publicadas ocasionalmente por geólogos visitantes (Isschot, 1901; Holloway, 1932; Stoll, 1962). Otras publicaciones se listan en la bibliografía de la geología ecuatoriana (Bristow, 1981).

Parte de la información de geología económica para la Cordillera Real se incluye en los mapas metalogenéticos y de índices minerales del Ecuador (Goossens, 1969; Paladines, 1980, y su memoria explicativa), así como en revisiones generales (Goossens, 1972a, b; Paladines, 1989). Los ríos auríferos de la Cordillera Real se muestran en el mapa inédito del potencial aurífero del Ecuador a escala 1:1000000 (Pillajo y Báez, 1983), aunque este mapa no está ampliamente disponible. Pillajo (1982) también discute el origen del oro aluvial en el Ecuador. Un nuevo mapa metalogenético-tectónico del Ecuador a escala 1:1000000 se encuentra en preparación (Litherland et al., en preparación).

Los primeros estudios dedicados estrictamente a la geología económica de la Cordillera Real han sido publicados solo recientemente (Litherland et al., 1990; Jemielita et al., 1992; Jemielita y Bolaños, 1992), y han sido superados por el presente informe.

Otras publicaciones más específicas, relacionadas con minas, prospectos y el potencial mineral en la región, se detallan en el texto y en las referencias de este informe.

1.2 Marco geológico regional

La siguiente descripción se basa en el trabajo de Aspden et al. (en prensa), Aspden e Ivimey-Cook (en prensa), Aspden et al. (1992), Aspden y Litherland (1992), Litherland y Aspden (1992), y las referencias contenidas en ellos.

La cadena montañosa de los Andes en Ecuador comprende dos cordilleras distintas y forma el segmento sur de los Andes del Norte, con una tendencia norte-noreste (Gansser, 1973).

Se piensa que la llanura costera y la Cordillera Occidental están subyacidas por un basamento de corteza oceánica alóctona del Cretácico, la cual se acrecionó al continente sudamericano a lo largo de la falla Calacalí-Pallatanga-Palenque (Figura 1), durante el Cretácico tardío - Terciario temprano.

La Cordillera Occidental está separada de la Cordillera Real por el estrecho graben interandino (Figura 1), una depresión topográfica más o menos continua, cubierta en gran parte por depósitos volcánicos del Plio-Pleistoceno y limitada por la falla Calacalí-Pallatanga-Palenque al oeste y la falla Peltetec al este (Figura 1). Estas dos fallas pueden representar suturas corticales que limitan un basamento de terreno alóctono (Chaucha-Arenillas) en el graben interandino.

Al sur de los 3°S, la Cordillera Occidental y el graben interandino dan paso a las litologías metamórficas alóctonas de rumbo este-oeste de la provincia de El Oro, en el suroeste de Ecuador.

La Cordillera Real continúa hacia el sur en Perú, con su margen occidental marcado por la falla Las Aradas. La extensión norte de la falla Las Aradas es la falla de Baños, una característica estructural regional de posible importancia metalogénica.

El margen oriental de la Cordillera Real se caracteriza por una serie de cabalgamientos de ángulo relativamente alto con buzamiento hacia el oeste: las fallas Cosanga, Méndez y Palanda (Figura 1). Éstas separan las litologías metamórficas de la cordillera de rocas sedimentarias del Cretácico, esencialmente, no metamorfizadas y de un cinturón a escala regional de litologías plutónicas y volcánicas del Jurásico no deformadas en la zona subandina (Figuras 1 y 2).

1.3 Geología de la Cordillera Real

La siguiente descripción es un resumen de material publicado e inédito reciente que trata sobre la geología y la historia geológica de la Cordillera Real de Ecuador (Aspden et al., en prensa; Aspden e Ivimey-Cook, en prensa; Aspden et al., 1992; Aspden y Litherland, 1992; Litherland y Aspden, 1992). Para obtener más información geológica, se remite al lector a estos trabajos y a sus referencias.

Dentro de la Cordillera Real se reconocen cinco divisiones litotectónicas principales: las divisiones Guamote, Alao, Loja, Salado y Zamora. Las divisiones se han subdividido de la manera descrita a continuación y se resumen en la Tabla 1. La distribución de las divisiones y subdivisiones se muestra en la Figura 2.

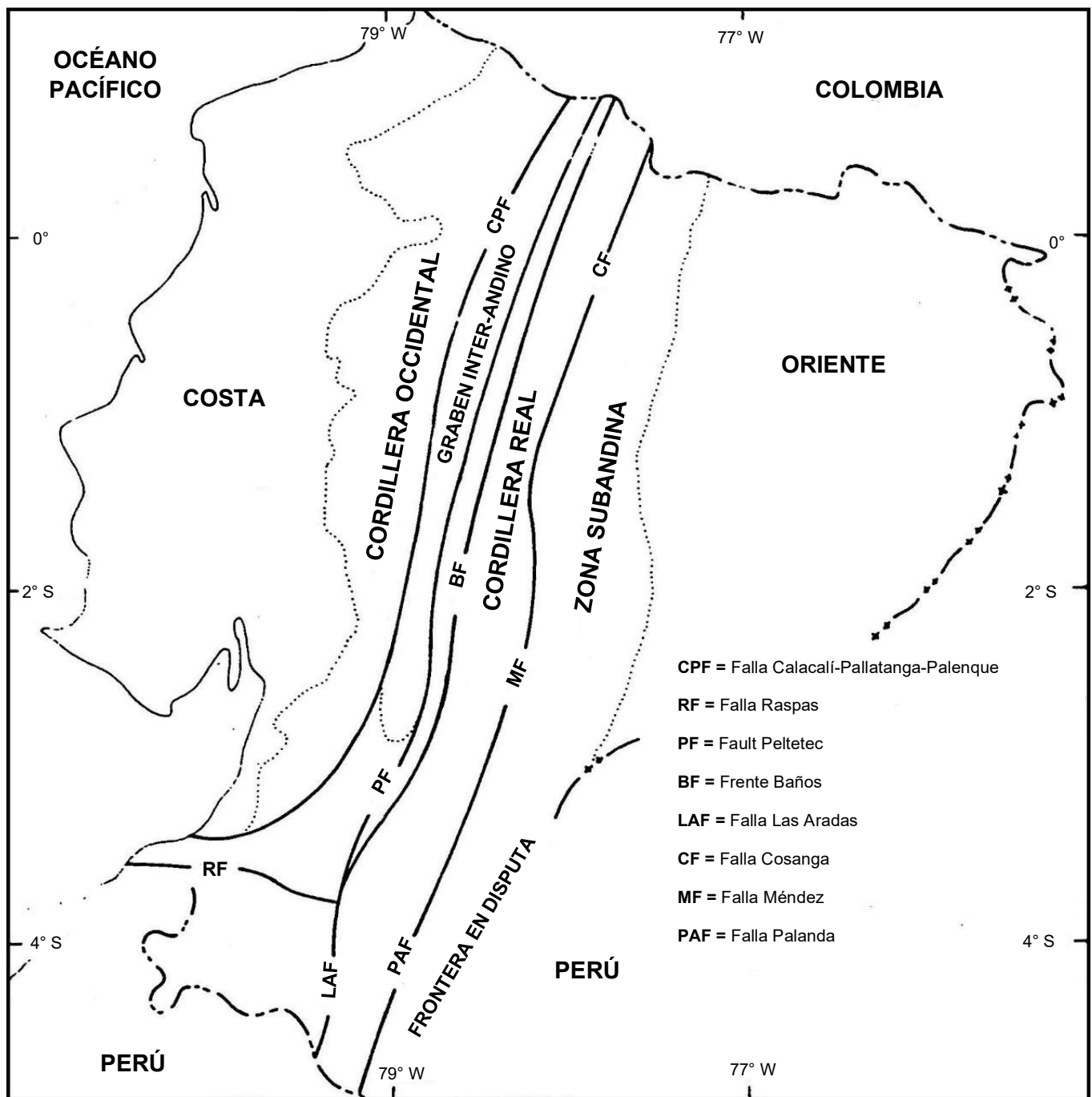


Figura 1. Principales fallas y rasgos geomorfológicos del Ecuador

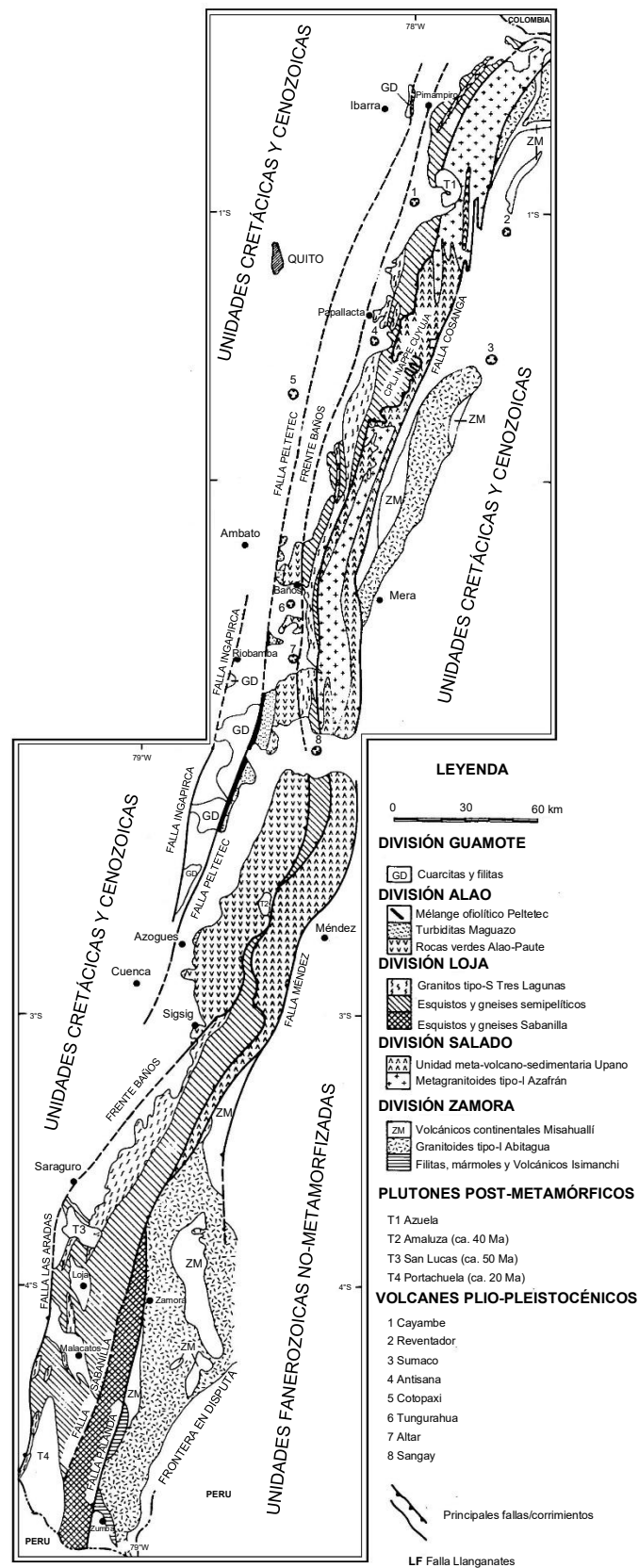


Figura 2. Mapa geológico simplificado de las rocas pre-Cretácicas de la Cordillera Real y la zona Subandina

La división Guamote aflora a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Real y comprende una secuencia de origen continental de ortocuarcitas, intercaladas con filitas o pizarras de bajo grado. La división Guamote está limitada por la falla de Ingapirca al oeste y la falla de Peltetec al este. Un ammonites del Jurásico inferior (Aspden y Litherland, 1992) proporciona una edad probable para la división Guamote.

La división Alao también aflora a lo largo de las vertientes occidentales de la Cordillera Real, al este de la división Guamote, de la cual está separada por la falla ofiolítica de Peltetec. Al este, la división Alao está limitada por la falla de Baños. La división Alao comprende tres subdivisiones:

En el oeste, la subdivisión Peltetec comprende una secuencia estrecha (<2 km) de cherts, filitas, basaltos espilíticos, doleritas y lentes menores de granito tipo Tres Lagunas (división Loja). La subdivisión Peltetec se interpreta como una secuencia ofiolítica.

Hacia el este, la subdivisión Peltetec da paso, a través de un contacto tectónico, a la subdivisión Maguazo, compuesta predominantemente por turbiditas, en algunos lugares ricas en clastos volcánicos, y rocas verdes andesíticas. También están presentes tobas verdes metamorfizadas, pizarras carbonosas y cantidades menores de mármoles, ortocuarcitas y cherts.

Más al este aún, y en contacto parcialmente fallado con la subdivisión Maguazo, aflora la extensamente expuesta subdivisión Alao-Paute. Las litologías de la subdivisión Alao-Paute están dominadas por rocas verdes andesíticas y esquistos verdes, pero también están presentes rocas metasedimentarias. La mineralogía generalmente refleja un metamorfismo de facies de esquistos verdes. La evidencia fósil sugiere una edad de 156 a 169 Ma (pisos Calloviense y Oxfordiense; Jurásico Medio/Tardío) para la subdivisión Maguazo de la división Alao (Aspden e Ivimey-Cook, en prensa).

La división Loja aflora a lo largo del eje de la Cordillera Real, separada de la división Alao al oeste por la falla de Baños. Al este, la división Loja está en contacto tectónico con la división Salado y la sobreyace al norte de los 4°S aproximadamente; más al sur, se cabalga sobre la división Zamora a lo largo de la falla Palanda con buzamiento al oeste. Al norte de Baños, la falla de Llanganates separa las divisiones Loja y Salado.

La división Loja puede separarse en la subdivisión Tres Lagunas de granitoides meta- (tipo S) (Aspden et al., en prensa), la subdivisión Sabanilla migmatítica, y una variedad de litologías que comprenden rocas semipelíticas variablemente metamorfizadas de las subdivisiones Chigüinda y Agoyán. Las litologías de la división Loja se caracterizan normalmente por una esquistosidad de tendencia andina con buzamiento fuerte hacia el oeste o vertical, pero ocurren cinturones estrechos de foliación tectónica plana, por ejemplo, en el complejo de nappes de Cuyuja. Las litologías de la división Loja a menudo están cortadas por zonas de cizalla de tendencia andina, y en algunos lugares se han identificado milonitas de tipo S-C. El granito Tres Lagunas ha sido fechado en 227.6 ± 3.2 Ma mediante geocronología U-Pb en circón (Noble, 1992, com. pers.) y, junto con las edades de "errorcrons" Rb-Sr obtenidas para los ortogneises de la subdivisión Sabanilla, indica una edad Triásica para el magmatismo y, probablemente, para el pico del metamorfismo de la división Loja (Aspden et al., 1993).

La división Salado está en contacto tectónico con la división Loja y es parcialmente sobreyacida por ésta, pero, al sur de los 3°S, es eliminada tectónicamente y, posiblemente, estratigráficamente. La división Salado puede subdividirse en la subdivisión plutónica Azafrán y la subdivisión volcano-sedimentaria Upano.

Tabla 1. Resumen de la geología pre-Cretácica de la Cordillera Real y la zona subandina

División (Oeste a Este)	GUAMOTE		ALAO		LOJA		SALADO		ZAMORA
Subdivisión/ Litologías	Orto-cuarcitas oscuras y pálidas con bandas de pizarra/lutita	FALLA PELTETEC	Peltetec: Ofiolita desmembrada Maguazo: Turbiditas Alao-Paute: Rocas verdes andesíticas, tobas y sedimentos	FRENTE BAÑOS	Tres Lagunas: Granito de biotita (granate) y ortogneis Sabanilla: Orto y paragneis, asociados con filitas semipelíticas, esquistos y paragneises	FALLA LLANGANATES	Azafrán: Cadena de batolitos calcoalcalinos (diorita/granodiorita) Upano: Andesitas, rocas verdes, tobas, filitas negras, grauvacas y mármoles menores	FALLA COSANGA-MÉNDEZ	Abitagua: Cadena de batolitos calcoalcalinos Misahuallí: Andesitas, dacitas, basaltos y aglomerados Isimanchi: Mármoles y rocas volcano- sedimentarias
Estado tectono- metamórfico	Rocas de grado muy bajo cabalgadas hacia el W		Rocas de bajo grado, fábricas empinadas, pliegues verticales		Rocas de grado bajo a medio cabalgadas hacia el E con imbricaciones		Rocas de bajo grado cabalgadas hacia el E con imbricaciones. Campo de “skarn” de alto nivel y klippen de serpentinita		Esencialmente sin deformación y sin metamorfismo
Edad	¿Jurásico Superior?		Jurásico Superior (Oxfordiense- Calloviense)		Plutones ¿triásicos? en sedimentos ¿paleozoicos?		Jurásico con posibles elementos pre-Jurásicos		Isimanchi: Triásico Rocas ígneas: Jurásico
Interpretación	Sedimentos continentales / cuña clástica		Fondo oceánico, antearco y arco volcánico o cuenca marginal		Granitos de tipo S en sedimentos de origen continental		Plutones de tipo I en una secuencia volcano- sedimentaria		Arco plutónico-volcánico continental de tipo I

La subdivisión Azafrán comprende una cadena batolítica que puede trazarse durante casi 300 km desde la frontera con Colombia hasta aproximadamente los 2° S. Las composiciones de los intrusivos varían desde gabro, hornblendita y diorita hasta granodiorita y tonalita, y los plutones están deformados de manera variable. Se ha obtenido una edad K-Ar de 175 Ma para una diorita del conjunto Azafrán y se considera una edad confiable para la subdivisión (Aspden et al., 1993).

La subdivisión Upano es una secuencia volcano-sedimentaria mixta que incluye andesitas metamorfizadas, tobas y aglomerados, grauvacas, mármoles, cuarcitas impuras y filitas negras. Estas litologías están deformadas de forma variable y suelen tener un grado de facies de esquistos verdes (ocasionalmente facies de anfibolita). Al norte de Baños, una serie de remanentes de erosión (*outliers* o *klippen*) de skarn de gran altitud afloran discontinuamente a lo largo del eje de la Cordillera Real por unos 150 km. Los skarns se encuentran entre las fallas Llanganates y Cosanga. Se considera que la subdivisión Upano tiene una edad del Jurásico Medio a Tardío.

La división Zamora aflora al este de la Cordillera Real *sensu stricto*, y comprende principalmente la subdivisión plutónica Abitagua y la subdivisión volcánica Misahuallí. La poco conocida subdivisión Isimanchi se encuentra en la parte sureste de la Cordillera Real. La división Zamora está separada de las litologías de la división Salado a lo largo de las fallas Cosanga, Méndez y Palanda (Figura 2). Se piensa que las litologías de la división Zamora son contemporáneas con la división Salado, pero los volcánicos de Misahuallí son principalmente continentales.

La subdivisión Abitagua comprende los batolitos calcoalcalinos esencialmente no deformados de Zamora, Abitagua y Rosa Florida. Las edades K-Ar y Rb-Sr para las litologías de la subdivisión Abitagua oscilan entre aproximadamente 150 y 190 Ma (Aspden et al., 1993).

La subdivisión Misahuallí consiste en tobas verdes y púrpuras, lavas y aglomerados, que a veces contienen unidades sedimentarias. Estas litologías están deformadas en ocasiones y su edad no está bien establecida.

La subdivisión Isimanchi comprende filitas volcano-sedimentarias metamorfizadas e inmaduras, limolitas, tobas y mármoles, ricos en detritos volcánicos. Estas rocas se encuentran en el sureste de la Cordillera Real y conforman techos colgantes (*roof pendants*) en el batolito de Zamora, donde son rocas de caja de importantes depósitos de skarn de oro. La evidencia fósil sugiere una edad del Triásico Medio tardío a Tardío para la subdivisión Isimanchi (Aspden e Ivimey-Cook, en prensa).

Las litologías del basamento de la Cordillera Real están cortadas, en algunos lugares, por plutones de granodiorita y tapones (*plugs*) máficos-ultramáficos del Cretácico Tardío, así como por plutones de granodiorita e intrusiones menores de dacita-riolita del Terciario Medio a Tardío.

En el flanco occidental de la Cordillera Real, las litologías volcánicas y volcanoclásticas del graben interandino, que varían en edad desde el Mioceno al Reciente, están en contacto por falla y se superponen parcialmente a las litologías metamórficas y plutónicas del basamento (Figura 2).

En la zona subandina del Oriente, las unidades sedimentarias del Cretácico (Formaciones Hollín y Napo) y más jóvenes están expuestas en los levantamientos plegados y cabalgados de Napo y Cutucú (anticlinal). En el Cretácico superior y tiempos posteriores, el levantamiento andino de la Cordillera Real provocó que la dirección del aporte sedimentario hacia la cuenca amazónica cambiara de este a oeste (Baldock, 1982). Este cambio tuvo implicaciones importantes para la generación de depósitos aluviales auríferos.

En la Figura 3 se muestra una sección esquemática a través de la Cordillera Real, junto con un posible modelo de colisión para explicar la disposición de las divisiones litotectónicas individuales.

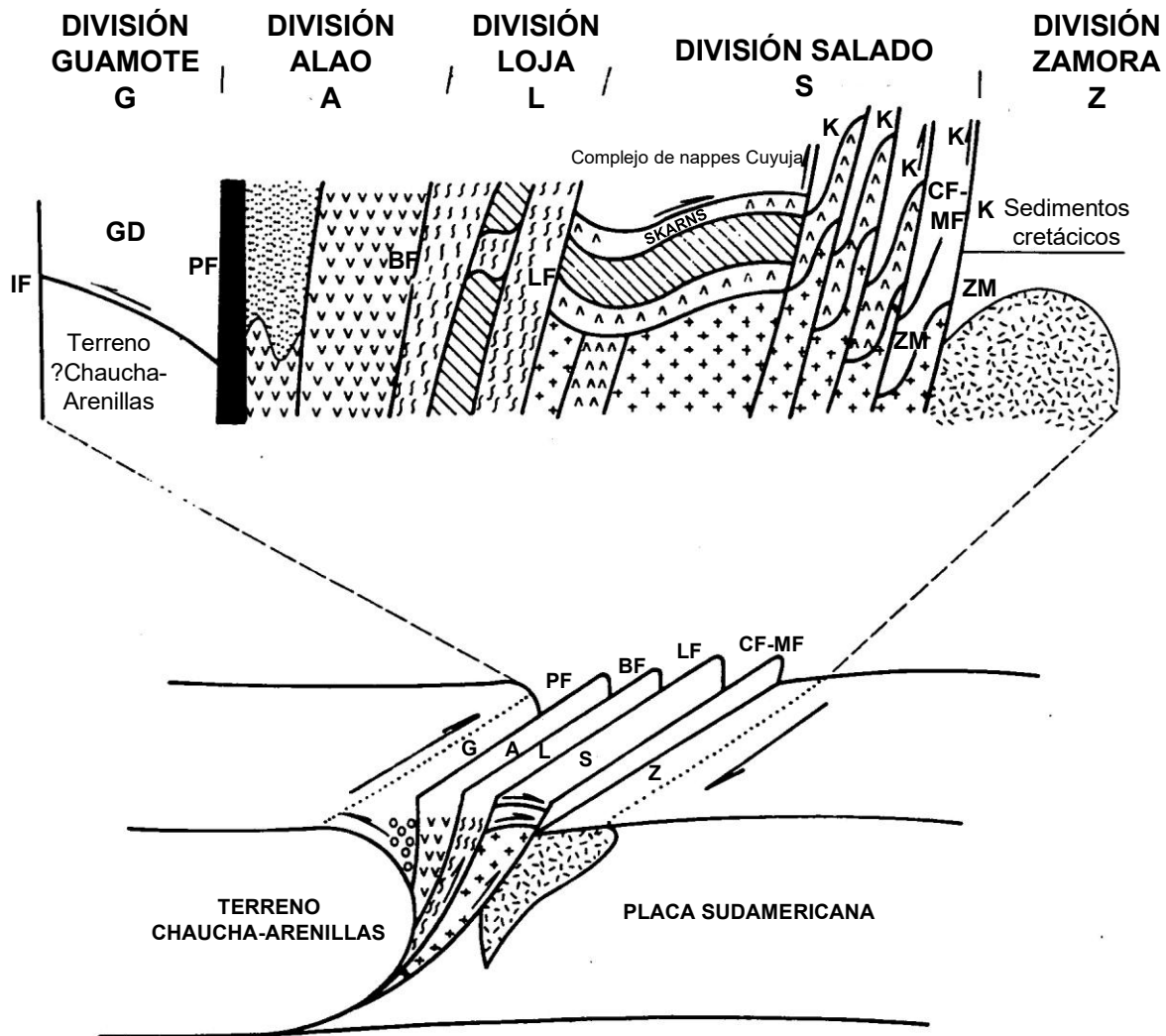


Figura 3. Sección esquemática a través de la Cordillera Real (ver Figura 2 por detalles) y posible modelo de colisión para explicar la disposición de las divisiones litotectónicas.

IF = Falla Ingapirca, PF = Falla Peltetec, BF = Frente Baños, LF = Falla Llanganates, CF-MF = Falla Cosanga-Méndez

1.4. Historia de la minería en el Ecuador

Antes de la colonización española de Ecuador, los metales preciosos oro, plata y platino eran extraídos y trabajados por los pueblos indígenas para producir joyería y artesanías. La minería se concentraba en depósitos aluviales que contenían oro y platino, y la plata pudo haber sido obtenida de vetas argentíferas.

Durante las primeras incursiones coloniales españolas, marcadas por el traicionero secuestro y asesinato del rey Inca Atahualpa, los invasores recolectaron oro y otros artefactos preciosos. Se dice que el rescate de Atahualpa en objetos de oro llenó dos habitaciones y pesó alrededor de 7.35 toneladas (Cuadra y Dunkerley, 1991). Un legado recurrente de esta era ha sido la búsqueda periódica de los restos del tesoro de Atahualpa, que según se rumorea, fue ocultado por su general Rumiñahui en varias localidades, notablemente en la inaccesible cordillera de los Llanganates, en la Cordillera Real.

Los colonos españoles pronto localizaron los depósitos aluviales de oro y algunas de las fuentes primarias, especialmente Zaruma-Portovelo y Nambija. Los depósitos se trabajaron utilizando métodos rudimentarios y mano de obra indígena esclavizada, pero con tal brutalidad que la creciente resistencia nativa culminó en una serie de revueltas, forzando el abandono de los asentamientos mineros coloniales. Los asentamientos estaban ubicados principalmente al pie de la cordillera oriental y en la cuenca alta del Amazonas. Estos eventos, junto con la desviación del interés colonial español hacia la minería en los cercanos Perú y Colombia, resultaron en un periodo de inactividad en la exploración y explotación mineral en Ecuador.

Esta situación continuó a través de las guerras de independencia a principios del siglo XIX y solo a partir de la década de 1880 revivió la minería, principalmente en el área de Zaruma-Portovelo. Esta última zona fue trabajada por compañías extranjeras (notablemente la South American Development Co.) hasta 1950, y recientemente se convirtió en una empresa de propiedad estatal.

A principios de la década de 1980, las minas de Nambija fueron redescubiertas, lo que provocó una fiebre hacia los ricos depósitos primarios de oro en la zona. Una desastrosa temporada de lluvias en 1982-1983 precipitó una mayor búsqueda de oro, lo que resultó en el hallazgo de numerosas áreas auríferas, notablemente Ponce Enríquez y, más recientemente, Chinapintza. Las estimaciones actuales para la producción anual de oro en Ecuador son de aproximadamente 10 a 13 toneladas. Esta producción proviene principalmente de la explotación artesanal de depósitos aluviales y depósitos primarios ricos. La minería por parte de empresas organizadas (a menudo multinacionales) se restringe a dos operaciones de dragado de oro aluvial en el suroeste de Ecuador.

Varias empresas multinacionales están realizando exploraciones activamente, y muchas más han expresado interés en el potencial mineral relativamente poco desarrollado de Ecuador.

2. METALES PRECIOSOS

2.1 Oro - Depósitos aluviales

El oro aluvial está ampliamente distribuido en los sistemas de drenaje de la Cordillera Real y, en algunos lugares, este oro es explotado por mineros artesanales utilizando métodos relativamente primitivos (ver revisiones de Holloway, 1932; Pillajo, 1982; Pillajo y Báez, 1983). La producción anual de oro aluvial en Ecuador se ha estimado en 1 tonelada por año (para 1990; Figura 5). Las ocurrencias de oro aluvial se reportan en los mapas geológicos (escala 1:100000) Nos. 58, 59, 72, 75, 76, 86, 87, 90, 98, 100, 101 y 102 (Apéndice B), pero el mapa inédito del potencial de oro aluvial de Ecuador (Pillajo y Báez, 1983; escala 1:1 millón) es, quizás, la revisión más completa y precisa de la ocurrencia y distribución de oro aluvial en el país. Una versión modificada de este mapa se presenta en la Figura 4 a, b, c.

En este informe, la ocurrencia, distribución y probable(s) fuente(s) de oro aluvial en la Cordillera Real se describirán desde el sur (frontera con Perú) hacia el norte (frontera con Colombia), y cada área será numerada en el texto para referencia con el mapa (Figura 4 a, b, c):

2.1.1 Zumba-Valladolid-Vilcabamba (Figura 4a)

En la región que rodea a los pueblos de Zumba, Valladolid y Vilcabamba, los ríos Isimanchi, Mayo, Valladolid, Piscopamba y Nambala están clasificados como auríferos (Pillajo y Báez, 1983). El área más productiva se encuentra en las cercanías de Zumba, en la confluencia de los ríos Isimanchi y Mayo, y un poco aguas arriba. Se dice que pequeñas cantidades de oro aluvial ocurren en los ríos del área (hoja geológica Zumba 59; Apéndice B). El oro no ha sido examinado en esta área.

La geología de la cuenca comprende principalmente granodioritas gnéisicas y metasedimentos de grado medio a alto de la subdivisión Sabanilla (división Loja); cuarcitas semipelíticas y filitas negras de la subdivisión Chigüinda y, en el este, granodiorita y diorita no deformadas (batolito de Zamora, subdivisión Abitagua); filitas negras y verdes, metatobas y mármoles (subdivisión Isimanchi); y volcánicos continentales no deformados (subdivisión Misahuallí) de la división Zamora. En las cabeceras del río Isimanchi afloran granito, granodiorita y diorita neógenos del batolito de Portachuela y, en las cercanías de Zumba, se presentan sedimentos y volcánicos del Terciario.

Las estructuras del basamento están dominadas por la falla Las Aradas, que forma el límite occidental del batolito de Portachuela, y las fallas Sabanilla y Palanda que flanquean los gneises y esquistos de la subdivisión Sabanilla.

Es probable que el oro aluvial en el área provenga de una o más de las siguientes fuentes mineralizadas primarias:

- a.** Vetas de cuarzo masivas alojadas en rocas metamórficas, e.g. Masanamaca (Wolf, 1982; Bonilla, 1987, área de Quinara) y Yangana (Jemielita, 1991b; Apéndice F2).
- b.** Vetas y stockworks de tipo epitermal, relacionados con pórfidos y alojados en rocas volcánicas (Clarke, 1989).
- c.** Skarns mineralizados con oro relacionados con el batolito de Zamora (N.B. scheelita en concentrados de batea; Clarke, 1989).

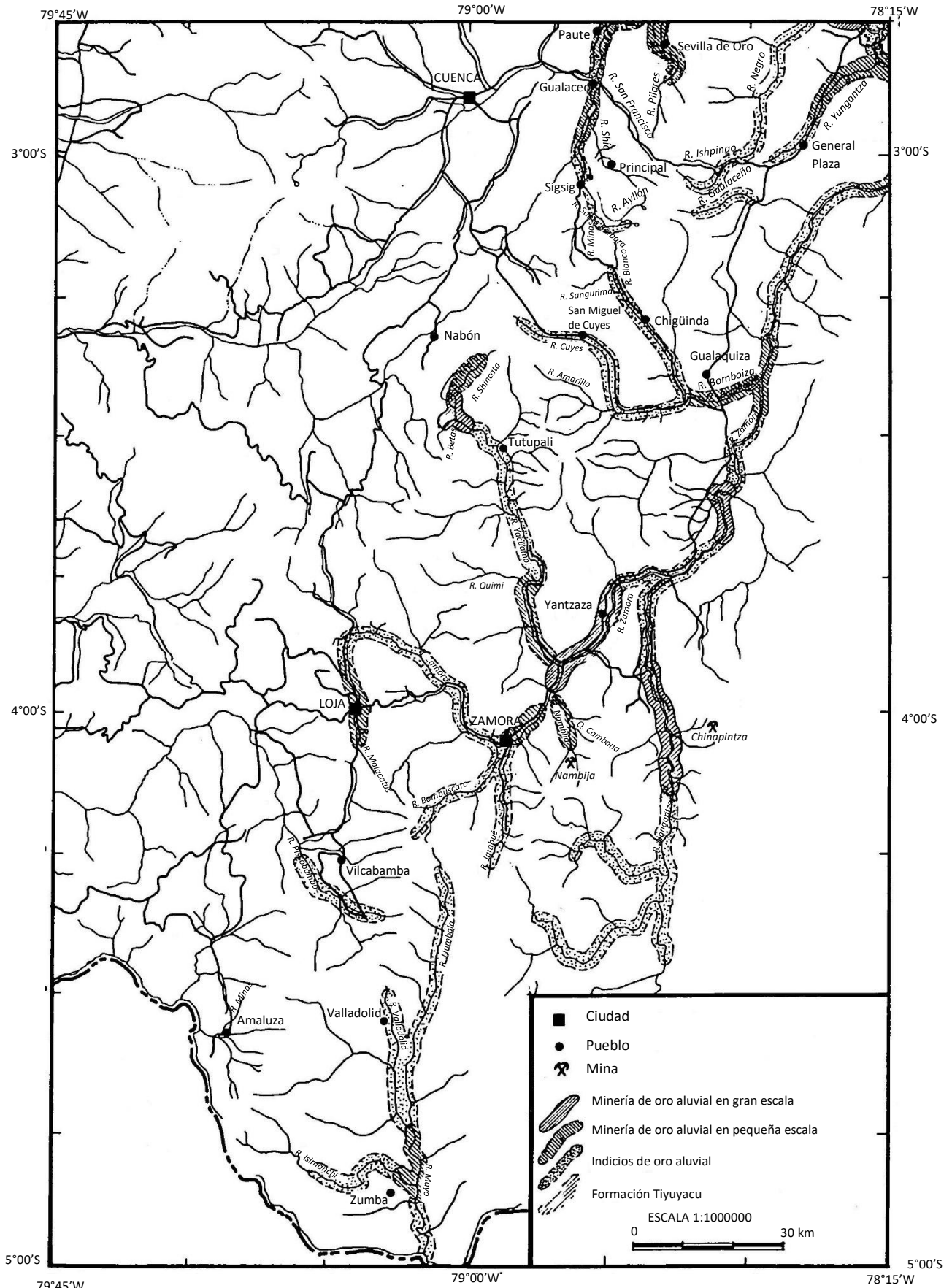


Figura 4a. Ríos auríferos en el sur de la Cordillera Real

2.1.2 Amaluza - Cera - Loja (Figura 4a)

El oro aluvial se presenta en el área que va desde Amaluza hacia el noreste hasta La Toma y Loja, pero principalmente en las cercanías de Loja, en los ríos Malacatos y Zamora. Las secciones más productivas de estos ríos se encuentran inmediatamente al sur y al norte de Loja (Pillajo y Báez, 1983). Se dice que el oro aparece en numerosas localidades, pero solo en pequeñas cantidades (hoja geológica Las Aradas 58; Apéndice B).

La geología de esta zona está dominada por cuarcitas semipelíticas y filitas negras de la subdivisión Chigüinda (división Loja). Al sur y al este de Amaluza, afloran granodioritas neógenas con granito y diorita del batolito de Portachuela. Al norte, en las cercanías de Loja, se presentan granitos gneis granítico de biotita-cuarzo azul (subdivisión Tres Lagunas), y esquistos de moscovita-granate $\pm$ grafito (subdivisión Agoyán) de la división Loja. La ciudad de Loja se asienta dentro de una cuenca limitada por fallas que contiene sedimentos del Mioceno (UNDP, 1969a).

La estructura dominante en el área es la falla de Las Aradas, que se orienta hacia el norte a través de Las Aradas hasta el este de Catamayo, donde se curva hacia el noreste para convertirse en la falla de Baños (Aspden y Litherland, 1992; Figura 2). La falla de Las Aradas se caracteriza por filitas grises y negras y cuarcitas fuertemente deformadas (subdivisión Chigüinda), que a menudo contienen vetas masivas de cuarzo $\pm$ ankerita $\pm$ sulfuros.

Se examinó oro aluvial del río Malacatos, a unos 5 km al sur de Loja. Los bloques del río en esta localidad están dominados por esquistos pelíticos grises y negros y cuarzo de veta blanco masivo. El oro es de un color amarillo dorado profundo, de grano medio (menor a 3 mm de diámetro) y consta de láminas planas, irregulares y discoidales con superficies de picaduras moderadas a finas. Algunos granos están intercrecidos con cuarzo blanco. También se ha informado de oro aluvial en la Quebrada Minas, a unos 3 km al noreste (NNE) de Amaluza (David Coochey, com. pers., 1991).

Es probable que el oro aluvial en los ríos Malacatos y Zamora, cerca de Loja, provenga de vetas masivas de cuarzo $\pm$ ankerita $\pm$ sulfuros. En las cercanías del pueblo de Cera, al noroeste de Loja, se trabajan vetas de esta composición para la obtención de oro (ver sección de Mineralización Primaria de Oro), y se ha informado de minas antiguas que explotaban una mineralización similar al este de Loja (Wolf, 1892).

2.1.3 Zamora - Nambija - Chinapintza - Yantzaza (Figura 4a)

La región que incluye las ciudades y campamentos mineros de Zamora, Nambija, Chinapintza y Yantzaza, en el sureste de Ecuador, constituye actualmente el área de exploración y explotación de oro más extensa y activa del país. Aunque gran parte de esta zona se encuentra, estrictamente hablando, fuera de la Cordillera Real propiamente dicha, se incluye en este informe debido a su proximidad al área del proyecto y a su estatus como una de las zonas mineras más importantes de Ecuador.

Los ríos Zamora, Bomboscara, Jambué, Nambija, Yacuambí, Nanguipa, Nangaritzza, Quimi y la Quebrada la Ciudad están clasificados como auríferos, y los ríos Zamora, Yacuambí, Nanguipa y Nangaritzza se clasifican como particularmente productivos (Pillajo y Báez, 1983; hoja geológica Paquisha 76, Apéndice B). Muchos tributarios y quebradas menores también se trabajan para obtener oro aluvial y, desde principios de la década de 1980, se han explotado especialmente el río Nambija y la quebrada Cambana.

La geología en esta región está dominada por un basamento de granodioritas y dioritas no deformadas del batolito de Zamora del Jurásico (subdivisión Abitagua, división Zamora). El batolito envuelve áreas de sedimentos calcáreos y volcanoclásticos (subdivisión Isimanchi, división Zamora), interpretados como techos colgantes del Triásico-Jurásico. En el este, especialmente en las cercanías de Chinapintza, el basamento granodiorítico está cortado por diques porfídicos, tapones (*plugs*) y chimeneas de brecha más jóvenes (¿Terciario?) y está cubierto por riolitas y dacitas volcánicas y volcanoclásticas.

El margen occidental del batolito de Zamora está limitado por la falla Méndez-Palanda (Figura 2). La estructura interna del batolito es poco conocida, pero los distritos de skarn mineralizados con oro en las cercanías de Nambija parecen estar controlados por fallas frágiles de rumbo norte-sur (Andrew Rogers, com. pers., 1992).

Se examinó oro aluvial de varias localidades a lo largo de la Quebrada Cambana. El oro es de color amarillo dorado brillante a amarillo parduzco y a menudo está recubierto de óxido de hierro. Los granos varían de muy gruesos (menor a 2 cm de diámetro) a finos y son de forma extremadamente irregular, cristalinos y alambres enrollados. Se observó cierto redondeamiento de los granos y se notaron parches de oro amalgamado (con mercurio). La morfología de los granos indica que el oro aluvial es de origen cercano (mina de oro Campanillas, 1 km aguas arriba; Grant et al., 1991).

La mineralización primaria de oro se explota ampliamente en esta región y probablemente es la fuente de los extensos depósitos de oro aluvial. Los tipos de mineralización primaria encontrados son:

- a.** Skarns auríferos (e.g. Nambija y alrededores; Figura 6; ver sección de Mineralización Primaria de Oro).
- b.** Vetas polimetálicas epitermales, brechas y mineralización diseminada (e.g. Chinapintza y alrededores; Figura 6; ver sección de Mineralización Primaria de Oro).
- c.** Vetas mesotermiales de cuarzo (¿oro?) en esquistos del basamento al oeste del batolito de Zamora.

2.1.4 Nabón - Tutupali - San Miguel de Cuyes - Chigüinda (Figura 4a)

Hacia el sur y sureste de la ciudad de Cuenca, se trabajan importantes depósitos de oro aluvial entre Nabón y Tutupali (ríos Shincata y Betas, Mapa 2g; Jemielita, 1991b; Apéndice F2), San Miguel de Cuyes y Gualaquiza (ríos Moriré, Cuyes, Amarillo, Mapa 3a; Jemielita, 1991c; Apéndice F3), los páramos de Matanga (río Minas, Mapa 3a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4), y en las cercanías del pueblo de Chigüinda (ríos Blanco y Sangurima, Mapa 3a; Jemielita, 1991c; Apéndice F3). Todos estos ríos están clasificados como auríferos, encontrándose las secciones más extensas en las cabeceras de los ríos Shincata (Bestión) y Betas (Pillajo y Báez, 1983). Wolf (1892) describe ricos trabajos de oro aluvial en Shingata (= Shincata), Bestión y Matanga. Se identifican depósitos de oro aluvial en el río Shingata y hacia el este en los sedimentos y terrazas de los ríos de la región amazónica, por ejemplo, los ríos Cuyes, Bomboiza, Yacuambí y otros (hoja geológica Gualaquiza 75, Apéndice B). Otros depósitos de oro aluvial se localizan en Ortega Alto, Espadillas y el río Tutupali en la Cordillera de Mango Urcu, cerca de Tutupali (hoja geológica Gualaquiza 75; Apéndice B; Aspden, 1990).

La geología en el área está dominada por granito de cuarzo-biotita o gneis granítico variablemente deformado del batolito de Tres Lagunas (subdivisión Tres Lagunas; división Loja), expuesto a lo largo de la divisoria de aguas y las laderas occidentales de la Cordillera Real. Hacia el este, predominan las cuarcitas semipelíticas y filitas negras de la subdivisión Chigüinda (división Loja), seguidas hacia el este por un bloque en forma de cuña, que se estrecha hacia el sur, de rocas verdes andesíticas, volcanoclásticos y grauvacas de la subdivisión Upano. Estas litologías dan paso hacia el este a granodiorita y diorita no deformada del batolito de Zamora (subdivisión Abitagua; división Zamora), pero hacia el norte las intrusiones batolíticas son cubiertas progresivamente por volcánicos continentales no deformados de la subdivisión Misahuallí (división Zamora). En la zona subandina al este, afloran cuarcitas blancas del Cretácico (Formación Hollín) y calizas negras y lutitas (Formación Napo).

Los contactos entre las subdivisiones litológicas son usualmente transcurrentes, fallas de zona de cizalla o cabalgamientos. Una estructura particularmente importante es la falla de Baños (anteriormente frente de Baños; Aspden y Litherland, 1992), que limita el margen occidental del batolito de Tres Lagunas. Se cree que esta falla es una zona de cizalla dúctil, transcurrente dextral de extensión regional que puede trazarse a lo largo de la mayor parte del margen occidental de la Cordillera Real ecuatoriana y hacia el norte hasta Colombia. La presencia de labores de oro aluvial en los ríos que cruzan la falla de Baños, entre el área del río Shincata al sur y el río Collay al norte, llevó a Aspden (en Litherland et al., 1990) a proponer la existencia de un “cinturón de oro” (Collay-Shincata).

Río Shincata (Bestión) - Río Betas: Los tramos superiores del río Shincata (al este de Nabón y Cochapata, Mapa 2g; Jemielita, 1991b; Apéndice F2), alrededor y aguas arriba de su confluencia con el río Betas, ocupan un área relativamente nivelada de colinas bajas situada al oeste de la divisoria de aguas de la Cordillera Real. Las rocas de caja son predominantemente esquistos de biotita de grano fino a grueso de la subdivisión Tres Lagunas o posiblemente de la subdivisión Agoyán (división Loja), y en algunos casos pueden ser equivalentes cizallados del granito de Tres Lagunas. El área se extiende en ambos lados de la falla de Baños.

Existen evidencias de labores de oro aluvial pasadas y presentes en un área de al menos 20 km por 8 km (160 km²). El área del río Shincata es famosa por la producción de oro y tiene una larga historia de explotación (Wolf, 1892). Las labores de oro aluvial precoloniales, posiblemente preincaicas, son comunes y actualmente está activa la minería aluvial mecanizada y artesanal. Un fragmento de cerámica, posiblemente de época preincaica, fue encontrado en los desechos de la mina y respalda la antigüedad de la explotación de oro en la zona. Las labores explotan paleoterrazas fluviales y sedimentos activos del río.

Las paleoterrazas fluviales comprenden gravas de guijarros de cuarzo-turmalina o conglomerados mal clasificados y de estratificación pobre a buena, maduros y no litificados (formación Bestión de Pillajo y Báez, 1983). Los guijarros comprenden cuarzo puro (de veta mesotermal) con algunos guijarros de turmalina negros y redondeados. Los guijarros de cuarzo que contienen agujas y masas de turmalina negra son bastante comunes. Los guijarros de turmalina son llamados “piedras tibias” por los mineros locales, quienes consideran su presencia como un indicio de material aurífero.

El oro aluvial es amarillo dorado brillante, de grano fino (menor a 2 mm), y comprende desde formas extremadamente irregulares hasta subredondeadas, láminas delgadas y planas, pepitas y varillas. Los granos de forma irregular a menudo están intercrecidos con cuarzo. La morfología de los granos sugiere una fuente proximal para el oro (Grant et al., 1991). Wolf (1892) proporciona el siguiente análisis para el oro aluvial de Bestión: Au 89.49%, Ag 10.38%, y Cu más impurezas 0.13%. La ley de oro se estimó en 2.6 g/m³ para los depósitos aluviales y la producción promedio estimada fue de aproximadamente 1 g/hombre/día (4.6 g/día para cuatro hombres).

Algunas terrazas, así como los sedimentos activos del río, comprenden gravas polimícticas que contienen bloques de varios tipos de esquisto micáceo de color gris; granitoides de grano medio a grueso; roca granular, silícea, cizallada y teñida de óxido de hierro marrón con piritita diseminada; doleritas de grano fino a medio; cuarzo de veta; guijarros de turmalina y oro fino. Muchas de las labores aluviales se encuentran en terrazas de meandros abandonados (ox-bow), pero otras ocurren a decenas de metros por sobre el nivel actual del río en paleoterrazas fluviales.

Aún no se ha establecido el modo exacto de formación de las gravas de guijarros de cuarzo-turmalina auríferas, pero los guijarros derivan, sin duda, de vetas de cuarzo mesotermiales. Se observaron vetas de cuarzo boudinadas cortando el basamento de esquisto en el área, y numerosos bloques erráticos de cuarzo de veta angular, que a veces contienen turmalina, forman rasgos lineales (delineando vetas) que cruzan el páramo. La asociación cuarzo-turmalina es, por lo tanto, común tanto en los depósitos aluviales de paleoterrazas como en las vetas hospedadas en el basamento. Las vetas mesotermiales son la fuente más probable del oro aluvial.

Los guijarros de cuarzo y turmalina se presentan comúnmente en el aluvión (a menudo aurífero) desde el río San Antonio, 15 km al ENE de Saraguro, a través del área de los ríos Betas-Shincata, hacia el noreste hasta el río Minas, al este de Gima; una distancia de 50 km a lo largo del rumbo de la falla de Baños. El basamento en esta área comprende granito de Tres Lagunas fuertemente cizallado, y la turmalina, aparentemente, solo ocurre en vetas de cuarzo mesotermiales y gravas de guijarros de cuarzo donde la falla de Baños corta el batolito de Tres Lagunas.

Río Cuyes - Río Moriré: El pueblo de San Miguel de Cuyes está construido en la margen norte del aurífero río Cuyes, el cual drena las laderas orientales de la Cordillera Real hacia el noreste del área de Shincata-Betas (Mapa 3a; Apéndice F3).

Las litologías del basamento en el área están dominadas por esquistos micáceos de la subdivisión Chigüinda y por granito de Tres Lagunas tanto deformado como no deformado. El basamento está intruído, en algunos lugares, por pequeños plugs de pórfido de biotita-feldespatita, y está cubierto discordantemente por rocas volcánicas y volcanoclásticas más jóvenes.

El oro aluvial es trabajado estacionalmente por agricultores locales en los ríos Moriré y Cuyes (Mapa 3a), y también se dice que el río Amarillo, aguas abajo (9 km al oeste de Nueva Tarqui), es aurífero. El oro probablemente se restringe a las gravas activas del río, ya que no se observaron depósitos de terrazas extensos.

Se examinó oro del río Cuyes; es de color amarillo dorado profundo, con óxido de hierro recubriendo algunos granos. El oro es de grano medio a fino (menor a 7 mm de diámetro) y comprende discos de espesor fino a moderado, láminas de formas alargadas a irregulares, pepitas y granos irregulares (¿moldes de cristales?). Las superficies tienen picaduras de moderadas a gruesas, y algunos granos de oro están intercrecidos con cuarzo. Los granos varían de estar bien a mal desgastados por el agua.

El río Moriré es un afluente del río Cuyes y, aparentemente, es trabajado por oro aluvial. Los bloques rodados del río comprenden esquistos micáceos de grano fino, de color gris púrpura, junto con abundante cuarzo de veta blanco. Es bastante común encontrar bloques de cuarzo de veta blanco, angular y grueso (menor a 2 metros de diámetro) en los campos cercanos. Se tomaron muestras de sedimentos fluviales, pero no se observó oro en los concentrados de batea. Los habitantes locales afirman que el río Moriré es rico en oro, pero ningún minero estaba trabajando al momento de la visita debido a la temporada de invierno.

El oro aluvial probablemente se origina en vetas de cuarzo mesothermal ($\pm$ turmalina) hospedadas en zonas de cizalla, las cuales se observan comúnmente como fragmentos erráticos angulares y bloques redondeados en el área. Otra mineralización primaria observada incluye piritita diseminada y en microvetillas en esquistos sericíticos, y rocas intrusivas granulares, silíceas y de grano fino. Podría existir potencial para mineralización de sulfuros diseminados y/o relacionada con pórfidos en el área, y parte del oro aluvial podría originarse de estas fuentes.

Río Blanco - Río Sangurima: El río Blanco es un afluente del río Sangurima y ambos ríos son productores importantes e históricos de oro aluvial. Los ríos se localizan en las cercanías del pueblo de Chigüinda, a unos 45 km al sureste de Cuenca (Figura 4a; Mapa 3a; Jemielita, 1991c; Apéndice F3).

Las litologías del basamento comprenden cuarcitas semipelíticas y filitas negras de la subdivisión Chigüinda (división Loja), intruidas, en algunos lugares, por pequeños plugs de granodiorita terciaria. Geológicamente, el área es una extensión hacia el noreste de la zona de San Miguel de Cuyes.

La estructura está dominada por una esquistosidad de rumbo andino de las litologías del basamento (subdivisión Chigüinda), y estas están limitadas por la falla subandina al este y una falla sin nombre al oeste.

Según la información local, hasta 300 hombres trabajan depósitos de oro aluvial en el río Blanco y el río Sangurima. Se estimó una producción promedio de 10 gramos de oro por concesión al día, aunque no se consideraba raro obtener producciones mayores. Se han encontrado pepitas de hasta 300 gramos. El oro se encuentra frecuentemente junto con guijarros de subangulares a redondeados de esquisto rico en magnetita. Estos se conocen localmente como “piedras tibias” porque su presencia se considera una señal de que el prospecto está “caliente” (favorable) para el oro. El oro del río Blanco es de un amarillo dorado profundo y el óxido de hierro recubre algunos granos. El oro varía de muy grueso a fino (mayor a 1.7 cm de diámetro) y forma láminas alargadas a discoidales, gruesas pero planas, y algunas pepitas. Los granos grandes están bien redondeados y finamente picados, mientras que los granos más pequeños presentan picaduras de moderadas a gruesas.

El río Blanco parece ser la fuente principal de oro en el área de Chigüinda y explica las labores de oro en el río Sangurima, las cuales solo se encuentran aguas abajo de la confluencia de los dos ríos.

Los bloques en el río Blanco comprenden rocas volcánicas, granitoides (incluyendo el granito de Tres Lagunas), esquistos micáceos negros y grises, y cuarzo de veta mesothermal masivo. La presencia de estos últimos bloques respalda una fuente de vetas de cuarzo mesothermal para el oro aluvial. Sin embargo, la ausencia de turmalina y la presencia de “piedras tibias” ricas en magnetita sugieren que la naturaleza de la fuente de oro podría ser algo diferente a la de otras áreas ubicadas al suroeste a lo largo de la falla de Baños, como el eje río Shincata-río Betas. La presencia común de bloques porfiríticos jóvenes en el río Blanco también podría indicar una mineralización relacionada con pórfidos como una posible fuente primaria de oro. Se requerirán estudios adicionales para confirmar la fuente del oro.

Matanga - Río Minas: El área de los páramos de Matanga se localiza en las cabeceras del río Minas (Mapas 3a, 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4), aproximadamente a 13 km al sur de la ciudad de Sigsig. La altitud ronda los 3215 metros y la topografía local es moderadamente escarpada. El área fue descrita anteriormente como un rico productor de oro aluvial (Wolf, 1892).

Las litologías del basamento comprenden esquistos micáceos (subdivisión Tres Lagunas) y cuarcitas semipelíticas y filitas negras (subdivisión Chigüinda) de la división Loja. Rocas volcánicas jóvenes cubren las litologías del basamento en algunos lugares y, a su vez, a veces están cubiertas por gravas de guijarros de cuarzo.

La estructura está dominada por una esquistosidad de rumbo andino de las litologías del basamento, y el área se extiende a ambos lados del contacto tectónico entre las subdivisiones Tres Lagunas y Chigüinda.

Se visitó una mina de oro aluvial que actualmente es explotada por una cooperativa de cinco hombres. El material aurífero comprende una grava de bloques moderadamente gruesa de origen aluvial y coluvial. Los bloques consisten principalmente en esquistos micáceos de color gris plateado, cuarzo de veta mesotermal blanco y algunos volcánicos recientes alterados y meteorizados (“podridos”).

Los minerales pesados son abundantes en los concentrados de batea y el oro es de color amarillo dorado-marrón, de grano medio a fino (menor a 5 mm de diámetro), de forma extremadamente irregular con bordes afilados a subredondeados. Los granos se presentan como masas equidimensionales, láminas, pepitas y gránulos subredondeados. Las superficies presentan picaduras de finas a gruesas. El oro se observa a menudo en una matriz de cuarzo con manchas de hematita roja. Las partículas teñidas de hematita roja son bastante comunes. La morfología del oro sugiere poco transporte de los granos (Grant et al., 1991). Se observaron “piedras tibias” de roca granatífera. Los mineros afirman haber encontrado pepitas de hasta 3 gramos de peso.

La composición de los bloques aluviales/coluviales refleja la del basamento subyacente (subdivisiones Tres Lagunas y Chigüinda) y, junto con la morfología del oro aluvial, indica que el oro aluvial/coluvial probablemente deriva de vetas de cuarzo mesotermiales cercanas en los esquistos del basamento.

2.1.5 Sigsig - Principal - Gualaceo - Sevilla de Oro (Figura 4a)

Los ríos de esta zona figuran de manera destacada en Wolf (1892), quien describe ricos depósitos de oro aluvial en los ríos Ayllón, Santa Bárbara y Collay, y depósitos pobres en las cabeceras de los ríos Gualaceo, Alcacay, Shiu, Gualmincay y San Francisco (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4). Los ríos Santa Bárbara y Ayllón se localizan a unos 35 km al sureste de Cuenca (Mapa 4a).

Río Santa Bárbara - Río Ayllón: La geología del área de los ríos Santa Bárbara y Ayllón comprende, de oeste a este, litologías volcánicas y volcanoclásticas del Terciario del graben interandino; esquistos verdes andesíticos y metasedimentos de la subdivisión Alao-Paute (división Alao); y micaesquistos de la subdivisión Tres Lagunas, junto con cuarcitas semipelíticas y filitas negras de la subdivisión Chigüinda (división Loja). En la Mina Peggy, a unos 5 km al sur de Sigsig, intrusiones menores de pórfido riolítico del Terciario cortan los esquistos del basamento.

La estructura está dominada por la esquistosidad de tendencia andina de las litologías del basamento. El área atraviesa la falla de Baños y el contacto tectónico entre las subdivisiones Tres Lagunas y Chigüinda. El curso del Río Ayllón parece estar controlado por una estructura de tendencia andina.

Los bloques en el Río Santa Bárbara, aguas arriba de la confluencia con el Río Ayllón, comprenden micaesquistos y granitoides de grano fino a medio. Los bloques mineralizados incluyen micaesquisto silicificado y esquisto sericítico con motas de pirita de grano fino (ocasionalmente con textura de brecha). El cuarzo de veta mesotermal masivo es bastante común. Los bloques aluviales en el Río Ayllón, aguas arriba de la confluencia con el Río Santa Bárbara, comprenden micaesquistos y esquistos psamíticos; cuarzo de veta mesotermal masivo; rocas volcánicas de grano fino y pórfidos; y granodioritas de grano medio. Se observaron bloques de cuarzo de veta blanca con arsenopirita gruesa, y bloques similares se presentan aguas abajo en el Río Santa Bárbara hasta la Mina Peggy. Clarke (1989) reportó un valor de oro de 5.2 g/T para una muestra similar. En la unión de los ríos, y aguas abajo, se observaron litologías de bloques similares y otras litologías que incluyen algo de esquisto verde y granito (Tres Lagunas). Un bloque mineralizado de cuarzo de veta con pirita y arsenopirita presentaba un halo de alteración de sericita salpicado de pequeños cristales de granate. Se observaron guijarros de roca de granate-epidota roja y verde, y esquisto magnetítico marrón bandeado.

En las cercanías de la confluencia de los ríos Santa Bárbara y Ayllón, actualmente se explotan depósitos de oro aluvial y ricas vetas de cuarzo aurífero mediante métodos artesanales. La minería es realizada por cooperativas integradas por diversos números de individuos que explotan las terrazas aluviales/coluviales y las gravas del lecho del río, así como las vetas mineralizadas. Los bloques de desecho a menudo se utilizan para construir muros, lo que da una buena indicación de la considerable mano de obra que se ha empleado en el área.

El oro de los ríos Ayllón y Santa Bárbara, al ser observado, resultó ser de grano medio y de buena calidad. El oro del tributario Quebrada Oscura tiene fama de ser muy grueso. Wolf (1892) proporciona el siguiente análisis para el oro aluvial del Río Ayllón: Au 84.27 %, Ag 14.71 %, Cu más impurezas 1.02 %. Se observó que un grano de oro del lecho del Río Ayllón tenía un color plateado en un extremo debido a la amalgamación con mercurio. El mercurio en el río es probablemente el resultado de su uso para la amalgamación por parte de los mineros. Se lavó oro en las cercanías, en aluvión grueso teñido con óxido de hierro en la margen sur del Río Santa Bárbara, donde existen excavaciones moderadamente extensas. No había mineros trabajando al momento de la visita debido al mal tiempo. El oro aluvial parece ser angular en las cercanías de la confluencia de los ríos, pero forma pequeñas láminas en forma de disco aguas abajo en el Río Santa Bárbara, en las proximidades de la Mina Peggy. El oro aluvial de esta última ubicación es de color amarillo dorado, de grano medio (diámetro < 4 mm) y forma discos delgados y planos, ocasionalmente de forma muy irregular, con superficies de picaduras finas a medias.

En el área se presentan diversos tipos de mineralización primaria aurífera y potencialmente portadora de oro. La presencia de vetas de cuarzo-ankerita discordantes, de relleno de fracturas frágiles, con arsenopirita y otros sulfuros, con valores altos de oro en los análisis (Clarke, 1989; ver sección de mineralización primaria de oro), sugiere que estas vetas son una fuente probable de gran parte del oro aluvial en los sistemas de drenaje de los ríos Ayllón y Santa Bárbara. Esto se ve respaldado por la presencia relativamente común de bloques de veta de cuarzo-arsenopirita-sulfuro-sulfosales en el aluvión del río. Sin embargo, la presencia de cuarzo de veta mesotermal relativamente común en afloramientos y aluviones podría proporcionar una fuente adicional de oro aluvial, similar a la propuesta para el área de Matanga. Las vetas de cuarzo mesotermal están probablemente asociadas con actividad hidrotermal relacionada con el cizallamiento a lo largo de la falla de Baños. Además, la presencia de esquistos sericíticos y silicificados portadores de sulfuros (pirita) indica otro tipo de mineralización primaria, aún no evaluada para oro y otros metales potencialmente económicos.

Principal - Río Shío: El área de minería aluvial de Principal se localiza a unos 2 km al ESE del pueblo de Principal, en las cercanías de la confluencia del Río de la Burra Playa y la Quebrada Chorro Blanco, donde se unen para formar el Río Shío (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a: Apéndice F4). Los ríos drenan las vertientes occidentales de la Cordillera Real, al oeste de la divisoria de aguas.

La geología comprende el basamento compuesto por rocas verdes andesíticas y metasedimentos (subdivisión Alao-Paute, división Alao), seguidos hacia el este por cuarcitas semipelíticas, filitas negras y esquistos verdes (subdivisión Chigüinda), intercalados tectónicamente con granito de la subdivisión Tres Lagunas (división Loja). Hacia el oeste, las litologías del basamento están extensamente cubiertas por rocas volcánicas y volcanoclásticas andesíticas-riolíticas del Terciario del graben interandino.

La estructura del basamento es compleja y el área atraviesa la falla de Baños y varias ramificaciones (*splays*) de la misma. Las litologías volcánicas y volcanoclásticas del Terciario son generalmente de disposición horizontal o de buzamiento suave.

En el Río de la Burra Playa, los bloques aluviales comprenden esquistos micáceos gris-verde; esquistos de cuarzo-sericita; esquistos con augens feldespático; granito cizallado (Tres Lagunas); diorita; pegmatita granítica; y cuarzo de veta mesothermal masivo. Son muy comunes los bloques grandes de brecha volcánica riolítica gruesa y bloques grandes, de forma irregular y teñidos con óxido de hierro, de brecha volcánica/intrusiva de matriz soportada, silicificada y piritizada, de color blanco grisáceo y grano medio. En la Quebrada Chorro Blanco, los bloques aluviales incluyen esquistos micáceos gris-verde; epidotita; esquistos con augens feldespático; diorita; andesita; pórfido feldespático; y rocas volcánicas alteradas de color blanco. Se observó cuarzo de veta mesothermal masivo, a menudo dentro de epidotita y asociado con clorita y calcita.

Se reporta que se extrae oro del Río de la Burra Playa y de un tributario conocido como la Quebrada Minas. Se examinó una mina de oro aluvial en la margen sur del Río Shío, inmediatamente aguas abajo de la confluencia del Río de la Burra Playa y la Quebrada Chorro Blanco. El oro se extrae de un pozo de unos 3 a 4 metros de profundidad excavado en aluvión de terraza fluvial grueso, compuesto por bloques redondeados y grava, parcialmente cementado con piritita granular que le da al aluvión su color gris y un olor sulfuroso. Los bloques mineralizados incluyen esquistos gris-verde de grano fino a medio con piritita diseminada; esquistos/cuarcita silicificada de color blanco-grisáceo con piritita diseminada; pórfido feldespático gris oscuro con piritita diseminada; roca de cuarzo-piritita granular gris oscura con vetillas de cuarzo; roca de mica/tremolita gris-verde con piritita diseminada; y cuarzo de veta mesothermal masivo, blanco-grisáceo, con sulfuros de grano fino en algunas partes. El horizonte aurífero se encuentra por debajo de unos 5 metros de este aluvión rico en piritita. Las “piedras tibias” de guijarros de cuarzo-piritita gris con oquedades rellenas de cristales son bastante comunes, y los concentrados del bateado de la mina están dominados por arena de piritita de grano fino a medio y oro.

El oro de la mina consiste en láminas y pepitas irregulares, subredondeadas, de color amarillo dorado mate a marrón y amarillo verdoso, de grano medio a grueso (< 1 cm de largo), con superficies de picaduras finas a muy gruesas. Algunos granos están intercrecidos con cuarzo. Las superficies están comúnmente recubiertas de piritita de grano fino u óxidos de hierro, lo que explica en gran medida el color del oro.

El aluvión del Río Shío es el más rico en pirita encontrado hasta ahora en la Cordillera Real. El origen (o orígenes) de esta roca de cuarzo-pirita granular rica en sulfuros, brecha y “piedras tibias” es, probablemente, el vulcanismo riolítico del Cuaternario (Formación Tarqui) que es común en el área. La mineralización de sulfuros es de carácter epitermal y el oro aluvial podría originarse de esta fuente. La pirita diseminada también está asociada con las litologías metamórficas del área, por ejemplo, brecha fragmentaria de esquisto micáceo mineralizada con sulfuros, y esta podría ser una fuente adicional, o alternativa, para el oro aluvial. El cuarzo de veta mesotermal, la fuente probable de gran parte del oro encontrado a lo largo de la falla de Baños, es otro candidato para el origen de parte, o la totalidad, del oro aluvial del Río Shío. En la actualidad, estas fuentes potenciales no pueden discriminarse con certeza.

Río San Francisco: El Río San Francisco se ubica al este del pueblo de Gualaceo (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4) y es aurífero. Wolf (1892) describe los depósitos de oro aluvial como pobres.

La geología del área comprende rocas verdes andesíticas y metasedimentos (subdivisión Alao-Paute), y esquistos verdes y metasedimentos pelíticos y grafiticos (subdivisión El Pan), de la división Alao hacia el oeste. Hacia el este, se presentan cuarcitas semipelíticas, filitas negras y esquistos verdes (subdivisión Chigüinda), y granito de la subdivisión Tres Lagunas de la división Loja.

La estructura es compleja y el área atraviesa la falla de Baños y varias de sus ramificaciones (*splays*).

Se visitó una mina aluvial activa en la cuenca alta del Río San Francisco, donde existe mucha evidencia de trabajos previos. Una cooperativa de doce hombres y jóvenes trabaja gravas aluviales gruesas en la margen sur del río mediante métodos artesanales. Los bloques aluviales comprenden bloques gruesos, de angulares a redondeados, dominados por esquistos de color verde de grano medio; granodioritas gris-verdes de grano medio; y algunos esquistos de sericita blancos. También se observaron milonitas silicificadas grises, y es común la epidotita verde masiva. Es bastante común el cuarzo de veta mesotermal masivo, de color gris púrpura a blanco, a menudo con planos de inclusión blancos.

Los concentrados de lavado son ricos en minerales pesados. El oro aluvial es de color amarillo dorado intenso, de grano medio a fino (longitud < 6 mm), en láminas irregulares, aplanadas o equitativas, subredondeadas, gránulos y nuggets. A veces, el oro está intercrecido con cuarzo. Los granos presentan superficies con picaduras finas a gruesas, a menudo con recubrimientos de óxido de hierro de color marrón rojizo, y están moderadamente desgastados por el agua. Wolf (1892) presenta el siguiente análisis para el oro aluvial del Río San Francisco: Au 91.05 %, Ag 7.73 %, Cu más impurezas 1.22 %.

La dominancia de bloques de esquisto verde en el aluvión del Río San Francisco indica una fuente en el basamento de la subdivisión Alao-Paute (división Alao). El cuarzo de veta masivo se presenta comúnmente como bloques aluviales, y es muy probable que el oro aluvial provenga de vetas de cuarzo mesotermal que cortan las litologías del basamento. Los depósitos de oro aluvial no son lo suficientemente grandes como para justificar una producción más mecanizada, pero podría existir potencial para una mineralización primaria económica en el área fuente del basamento.

Río Ishpingo: El Río Ishpingo se localiza al este del Río San Francisco, al otro lado de la divisoria de aguas de la Cordillera Real, y es accesible por la carretera que conduce al este hacia Indanza (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4).

La geología comprende cuarcitas semipelíticas, filitas negras y esquistos verdes de la subdivisión Chigüinda (división Loja). Un pequeño plutón de granodiorita del Terciario, mineralizado y alterado hidrotermalmente, aflora cerca de la carretera a Indanza.

La estructura está dominada por la foliación de tendencia andina de los esquistos del basamento, y se ha mapeado en el área una falla de tendencia andina (Río Ayllón).

Se visitó una mina aluvial, operada por un hombre y dos jóvenes, a una altitud de aproximadamente 2800 metros. Los mineros explotan aluvión grueso en el lecho del río, consistente en bloques redondeados a angulares y discoidales de micaesquistos de color gris plateado a gris-negro oscuro y grano fino; granodiorita/diorita gris-verde de grano fino a medio; micaesquisto silicificado gris; y una roca porfídica/porfiroblástica inusual con cristales de feldespatos gris subangulares gruesos. Se presentan bloques de esquisto verde, pero son menos comunes. También hay presencia de bloques de cuarzo de veta mesothermal blanco con planos de inclusión blancos e inclusiones de micaesquisto.

El oro aluvial es de color marrón amarillento dorado intenso, rara vez amarillo brillante/verde amarillento, de grano medio a grueso (longitud < 1 cm), en gránulos y láminas gruesas irregulares, subredondeadas, a veces parcialmente aplanadas, angulares o enrolladas/plegadas, con superficies de picaduras medias a gruesas y recubrimientos de óxido de hierro marrón rojizo en algunas partes. El oro está poco desgastado por el agua, pero algunos granos exhiben moldes de cristales.

Los bloques aluviales derivan mayoritariamente del basamento de la subdivisión Chigüinda (división Loja), y el oro probablemente se origina en vetas de cuarzo mesothermal que cortan el basamento.

Río Gualaceño: El Río Gualaceño es un tributario del Río Ishpingo que drena hacia el noreste desde la divisoria de aguas y las vertientes orientales de la Cordillera Real hacia el Oriente (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4).

La geología comprende micaesquistos de color gris-negro de la subdivisión Chigüinda (división Loja), cortados ocasionalmente por vetas de cuarzo mesothermal blanco, variablemente deformadas. La estructura está dominada por la foliación de tendencia andina de los esquistos del basamento.

El Río Gualaceño es aurífero y cuenta con varios trabajos de terrazas aluviales, tanto activos como abandonados, en su cuenca baja. El oro se extrae de aluvión grueso que forma terrazas fluviales, a menudo adherido a caras escarpadas del lecho rocoso. Los bloques de las terrazas aluviales comprenden micaesquistos grises de redondeados a subangulares; esquistos grises, silicificados o con vetillas de cuarzo; granodioritas y dioritas granulares y porfídicas de grano medio; y cuarzo de veta mesothermal. Los bloques están en una matriz de grava y arcilla. Los esquistos silicificados son particularmente comunes.

Los minerales pesados son abundantes en los concentrados de lavado y el oro aluvial es de un color amarillo dorado intenso, ocasionalmente amarillo brillante, de grano medio a fino (diámetro < 7 mm), en láminas delgadas a gruesas de forma discoidal a elongada o irregular, gránulos y alambres. Los granos de color amarillo dorado brillante tienden a ser más equidimensionales, pepitas de forma irregular y masas con moldes de cristales, y a veces están intercrecidos con cuarzo. Óxidos de hierro de color marrón rojizo recubren comúnmente las superficies, las cuales presentan picaduras de medias a gruesas. El oro está bien desgastado por el agua, excepto por los ejemplares de color amarillo brillante.

Es muy probable que el oro provenga de vetas de cuarzo mesothermal que cortan las litologías del basamento en el área de captación del río.

Río Collay (Río Pilares - Quebrada Huagrarumi): El Río Collay se ubica al sur de la población de Sevilla de Oro, a unos 40 km al ENE de Cuenca (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a, b; Apéndices F4 y F5), y es uno de los ríos productores de oro más famosos y referenciados históricamente en Ecuador (Wolf, 1892; Navarro, 1986). Wolf (1892) clasificó al Río Collay como un rico productor de oro aluvial y mencionó que el oro estaba asociado con mercurio, el cual consideró de origen natural.

La geología comprende granito (subdivisión Tres Lagunas), cuarcitas semipelíticas, filitas negras y esquistos verdes (subdivisión Chigüinda) de la división Loja, intercalados tectónicamente, así como esquistos verdes y metasedimentos pelíticos y grafiticos (subdivisión El Pan, división Alao). Las cabeceras del Río Pilares, un tributario del Collay, drenan rocas verdes andesíticas y metasedimentos de la subdivisión Alao-Paute (división Alao). Los esquistos del basamento están cubiertos, en algunos puntos, por rocas volcánicas andesíticas-riolíticas del Terciario, y se ha observado un dique de riolita y brecha porfídica (intrusiva).

La estructura está dominada por la foliación de tendencia andina de los esquistos del basamento y por contactos tectónicos entre diferentes litologías. La orientación del Río Collay probablemente refleja una de estas últimas estructuras.

Los bloques aluviales del Río Pilares comprenden micaesquistos semipelíticos de color gris-negro; cuarzo de veta mesothermal masivo ($\pm$ ankerita); una variedad de pórfidos y rocas volcánicas (a veces silicificadas); y, con menor frecuencia, granito (Tres Lagunas) y esquisto verde granular. La Quebrada Huagrarumi está dominada por bloques de esquisto verde; epidotita; y cuarzo de veta mesothermal masivo, a menudo con inclusiones de esquisto verde. Las litologías volcánicas también son comunes, pero los esquistos grafiticos de color gris-negro son raros.

El oro se extrae del aluvión activo del lecho del río y de terrazas aluviales. En la confluencia del Río Pilares y la Quebrada Huagrarumi (ambos ríos se unen para formar el Río Collay) existen extensos trabajos de terrazas abandonados. Se observaron minas aluviales en operación en el Río Pilares, unos pocos cientos de metros aguas arriba de su confluencia con la Quebrada Huagrarumi. La mina de aguas arriba, que emplea a unos doce hombres, no fue visitada. La mina de aguas abajo (Sociedad Cari Collay) emplea a treinta hombres que habían excavado un pozo de cinco metros de profundidad en medio del río. El pozo expuso un lecho rocoso de roca volcánica de color amarillo-marrón, alterada a arcilla, y aluvión aurífero.

El oro de la mina es de color amarillo dorado intenso, de grano moderadamente grueso a fino (longitud < 8 mm; los mineros afirman haber hallado granos de hasta 0.5 g), y típicamente comprende láminas discoidales delgadas o gruesas, aplanadas, subredondeadas, alambres irregulares alargados y enrollados, gránulos y masas extremadamente irregulares. Óxidos de hierro de color marrón oscuro a veces recubren las superficies de los granos, las cuales presentan picaduras finas a muy gruesas. Algunos granos (amarillo brillante) están intercrecidos con cuarzo y algunos exhiben moldes de cristales. Los minerales pesados asociados parecen ser ricos en pirita.

Wolf (1892) proporciona el siguiente análisis para el oro aluvial del Río Collay: Au 82.16 %, Ag 17.24 %, Cu más impurezas 0.60 %. Además, calculó que las diversas terrazas aluviales en el área contenían entre 0.130 y 0.563 g/m³ de oro, y entre 0.522 y 0.760 g/m³ de mercurio.

La producción observada de medio día de trabajo ascendió a solo 5.3 gramos, un rendimiento pobre para treinta hombres. Los mineros afirman que el oro en esta localidad es relativamente de grano fino, pero que se vuelve más fino aguas abajo y mucho más grueso (pepitas de hasta 125 g) aguas arriba en el Pilares, cerca de las lagunas en las cabeceras del río. Estas afirmaciones no fueron confirmadas.

Otro pozo estaba siendo preparado por una cooperativa de doce hombres en la confluencia del Río Pilares y la Quebrada Huagrarumi. No hubo muestras de oro o minerales pesados disponibles para su análisis, pero se observaron muchos bloques angulares a subangulares de una brecha-porfídica porosa, silicificada, de color gris-beige-marrón, con pirita de grano muy fino en las zonas no oxidadas (grises). Estas muestras son muy comunes y representan una brecha-porfídica lixiviada por ácido, con mineralización epitermal. Las litologías que muestran este tipo de composición y mineralización tienen un muy buen potencial para metales preciosos. Además, se observaron bloques de gossan de óxido de hierro bandeado y poroso en el Río Huagrarumi, inmediatamente aguas arriba de la confluencia, los cuales podrían ser indicativos de mineralización de sulfuros en las cercanías.

Unos pocos cientos de metros aguas abajo de la confluencia Río Pilares-Quebrada Huagrarumi, doce hombres estaban excavando otro pozo en el lecho del río. El sustrato rocoso expuesto en este pozo comprende micaesquistos grises, y en esta vecindad se presenta mucho esquisto micáceo piritizado, de color gris-amarillo, manchado con óxido de hierro, angular y marrón. Este último material probablemente deriva de un afloramiento de esquisto mineralizado en la margen (W) del río, la cual se encuentra bajo erosión activa. Esta litología de esquisto fuertemente piritizado podría tener potencial como fuente de oro y otros metales.

El origen de gran parte del oro aluvial en el área del Río Collay-Río Pilares puede atribuirse a vetas de cuarzo mesotermal en la extensa cuenca de drenaje. Esto se ve respaldado por la dominancia de esquistos y cuarzo de veta mesotermal en los ríos. No obstante, la presencia de rocas volcánicas e intrusiones de riolita, junto con el descubrimiento de gossan y brecha porfídica piritizada y lixiviada por ácido, constituye una fuerte evidencia que respalda la existencia de mineralización de tipo epitermal, un posible contribuyente al contenido de oro de los ríos. Esto se ve reforzado por la presencia de mercurio supuestamente natural en el aluvión de terraza del Río Collay (Wolf, 1892), ya que el mercurio es un metal característico en algunos depósitos de metales preciosos de tipo epitermal (Clarke y Govett, 1990).

2.1.6 Paute - Méndez (Figura 4b)

La ciudad de Méndez se encuentra cerca de la confluencia de los ríos Paute, Negro, Yunganza y Upano, los cuales se unen para formar el Río Namangoza, conocido aguas abajo como el Río Santiago, uno de los principales ríos del Oriente ecuatoriano. Todos estos ríos son auríferos (Pillajo y Báez, 1983) y son explotados por oro en mayor o menor medida. El pueblo de Logroño, ubicado en esta vecindad, ha tenido durante mucho tiempo la reputación de ser uno de los principales centros auríferos coloniales del Ecuador (Navarro, 1986; Villavicencio, 1858).

La geología del área de captación de los ríos Paute, Negro y Yunganza comprende principalmente rocas verdes (greenstones) andesíticas, volcanoclásticos, grauvacas, y esquistos pelíticos y grafiticos de la subdivisión Upano (división Salado). Las cuencas altas de estos ríos, pero especialmente el Río Paute, drenan una variedad de litologías pertenecientes a las subdivisiones Chigüinda y Tres Lagunas (división Loja), y a las subdivisiones El Pan y Alao-Paute (división Alao). Estas rocas del basamento están intruidas, en algunos lugares, por plutones de granodiorita del Terciario y, en una localidad, por un tapón (plug) ultramáfico del Cretácico tardío (Tampanchi). El Río Paute tiene sus cabeceras en la cuenca sedimentaria miocénica de Cuenca, y es uno de los pocos ríos que corta completamente la Cordillera Real de oeste a este. Cerca de su confluencia, los ríos Paute, Negro, Yunganza y Upano atraviesan sedimentos del Cretácico y más jóvenes de la zona subandina.

La estructura está dominada por la foliación de tendencia andina de las litologías del basamento y contactos tectónicos (zonas de cizalla) que separan las diferentes subdivisiones del basamento. La falla de Baños es un ejemplo conspicuo de estas últimas estructuras. En la zona subandina, el fallamiento de cabalgamiento (*thrust faulting*) afecta a las litologías sedimentarias del Cretácico y más jóvenes.

Ríos Paute, Negro, Yunganza y Santiago: El Río Paute y, especialmente, los ríos Yunganza y Negro están clasificados como auríferos, siendo las áreas más productivas las del Río Yunganza, inmediatamente aguas arriba de la confluencia con el Río Namangoza, y las del Río Negro, inmediatamente aguas arriba de la confluencia con el Río Paute (Pillajo y Báez, 1983). Estos ríos se unen al aurífero Río Upano cerca de Méndez, y la explotación de oro aluvial también tiene lugar aguas abajo en el Río Santiago, especialmente alrededor y aguas abajo de la confluencia con el Río Zamora, rico en oro. El área no ha sido examinada en detalle, pero la cuenca de captación de estos ríos se encuentra a lo largo del rumbo hacia el noreste del área Sigsig-Sevilla de Oro (ver sección precedente 5), y es probable que la fuente del oro aluvial sea similar en ambas. Los tributarios del Río Paute en su cuenca alta incluyen los ríos auríferos Santa Bárbara, San Francisco y Collay, y también se dice que el Río Macas (Taday) es portador de oro (hoja geológica de Cañar 72; Apéndice B).

2.1.7 Macas (Figura 4b)

Los ríos Upano y Abanico se localizan en las cercanías de la ciudad de Macas (Mapa 5a; Jemielita y Bolaños, 1991b; Apéndice F5), y están clasificados como auríferos (Pillajo y Báez, 1983; hoja geológica de Macas 90, Apéndice B).

La geología del área de captación de estos ríos comprende una sección transversal completa de la Cordillera Real. Las litologías del basamento drenadas por los ríos incluyen (de oeste a este): rocas verdes (greenstones) andesíticas y metasedimentos (subdivisión Alao-Paute, división Alao); esquistos de moscovita-granate $\pm$ grafito (subdivisión Agoyán); cuarcitas semipelíticas y filitas negras (subdivisión Chigüinda); granito de la subdivisión Tres Lagunas (división Loja); y rocas verdes andesíticas, volcanoclásticos, grauvacas, y esquistos pelíticos y grafiticos (subdivisión Upano), de la división Salado. En la confluencia de los ríos Abanico y Upano, y aguas abajo, las rocas de caja comprenden sedimentos de las Formaciones Hollín y Napo del Cretácico. Grandes plutones de granodiorita del Terciario intruyen las litologías de la subdivisión Upano a lo largo de ambos ríos.

La estructura está dominada por la foliación de tendencia andina de las litologías del basamento y contactos tectónicos (zonas de cizalla) que separan las diferentes subdivisiones del basamento. En la zona subandina, el fallamiento de cabalgamiento afecta a las litologías sedimentarias del Cretácico y más jóvenes.

Río Upano: El oro aluvial se trabaja en el Río Upano. Las minas aluviales no estaban operando y no fueron visitadas, pero se observó oro perteneciente a mineros del pueblo cercano de 9 de Octubre. El oro es de un amarillo dorado intenso a brillante y es típicamente de grano fino a medio (diámetro < 3 mm); comprende láminas pequeñas circulares e irregulares, pero redondeadas y aplanadas, con superficies de picaduras finas a medias. Aparentemente, también se extrae oro aluvial del cercano Río Abanico.

La mineralización primaria observada en el área comprende metasedimentos y metavolcánicos variablemente mineralizados con sulfuros, alterados hidrotermalmente y meteorizados, intruidos por un plutón compuesto de diorita-granodiorita (intrusión Salado), generalmente fresco y con mineralización de sulfuros variable. Las vetas de cuarzo epitermal, a menudo con sulfuros asociados, están comúnmente relacionadas con esta mineralización vinculada a intrusiones. La subdivisión Upano es un huésped conocido para la mineralización de sulfuros masivos volcanogénicos auríferos (e.g. Guarumales, ver sección de Cu, Pb, Zn). Vetas de cuarzo mesothermal cortan los esquistos del basamento en algunos puntos, especialmente dentro de zonas de alta deformación (cizalla), por ejemplo, la zona de cizalla Laguna Negra cerca de Atillo (Mapa 5b).

El oro aluvial en los ríos Upano y Abanico puede derivar de uno, o una combinación, de los tipos de mineralización primaria descritos anteriormente.

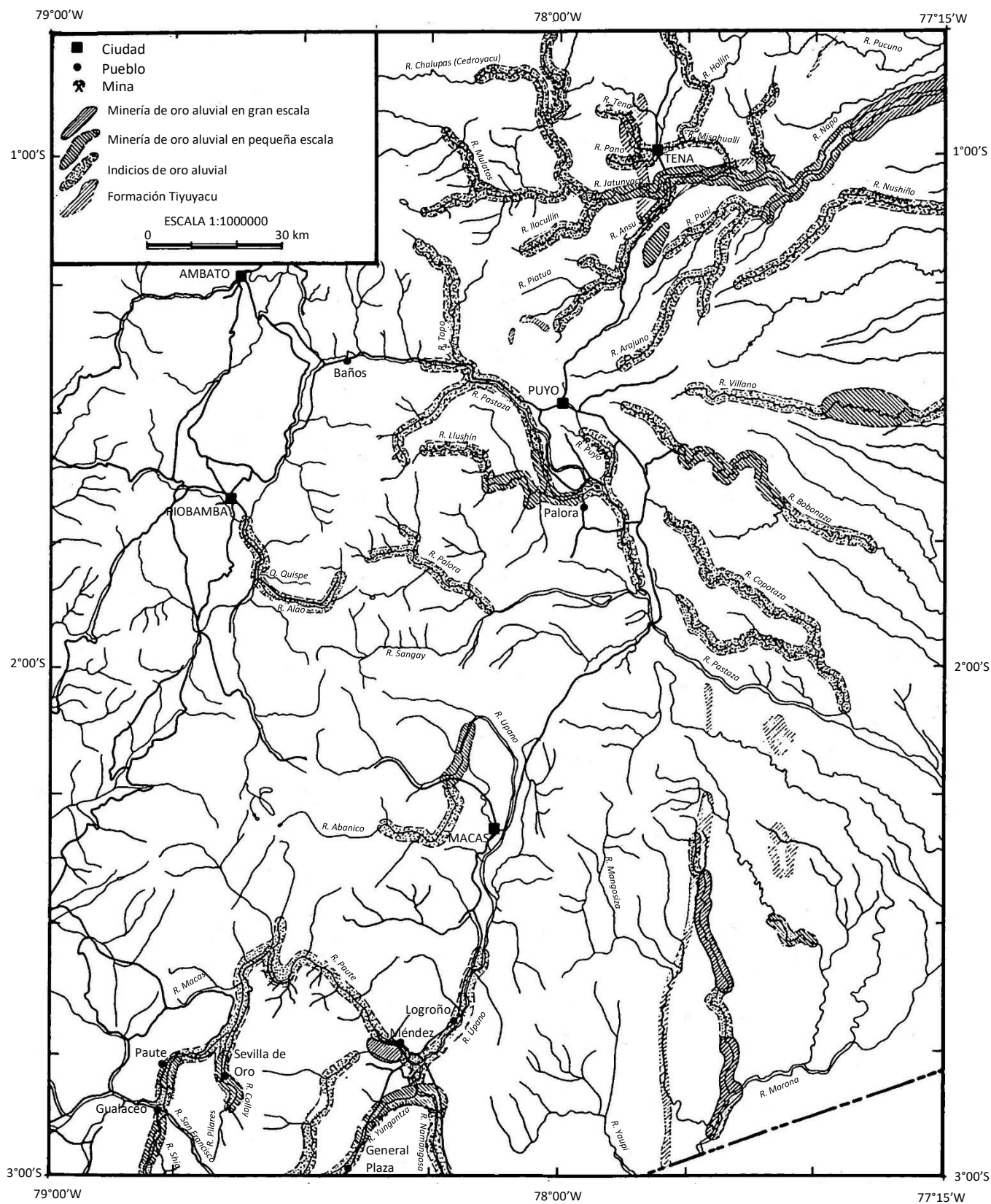


Figura 4b. Ríos auríferos en la parte central de la Cordillera Real

2.1.8 Riobamba (Figura 4b)

El Río Alao drena las vertientes occidentales de la Cordillera Real al sureste de Riobamba y está clasificado como aurífero (Pillajo y Báez, 1983).

La geología del área de captación del Río Alao comprende (de oeste a este): volcánicos del Terciario al Reciente del graben interandino; pizarras negras y cuarcitas (subdivisión Cebadas, división Guamote); una mélangé tectónica ofiolítica (subdivisión Peltetec); turbiditas, andesitas, chert y mármoles (subdivisión Maguazo); y rocas verdes andesíticas y metasedimentos (subdivisión Alao-Paute) de la división Alao; y granito o gneis granítico (subdivisión Tres Lagunas, división Loja). Estas litologías están intruidas, en algunos lugares, por plutones de granodiorita del Terciario y un dique de pórfido del Cuaternario.

La estructura en el área está dominada por una foliación de tendencia andina en los esquistos del basamento y contactos tectónicos (zonas de cizalla) entre, y dentro de, diferentes subdivisiones litológicas, por ejemplo, las fallas de Peltetec, San Antonio y Baños. La falla de Baños ha sido interpretada como un límite de terreno o sutura (Litherland y Aspdén, 1992), y la falla de Peltetec corresponde a una mélangé ofiolítica (subdivisión Peltetec), dentro de sedimentos de un prisma de acreción.

El Río Alao (Mapa 1), aparentemente, ha sido trabajado previamente por oro mediante dragado (Alex Hirtz, com. pers., 1991), pero actualmente no hay operaciones de minería de oro aluvial en funcionamiento.

El oro aluvial se presenta en la quebrada Quishpe, inmediatamente al norte del Río Alao (Mapa 1), y hasta hace poco ha estado operando una pequeña explotación minera. El oro se obtiene de un coluvión/aluvión muy mal clasificado que comprende fragmentos gruesos y angulares de pórfido alterado blanco y gris o granodiorita silicificada; granodiorita; esquistos con andalucita (hornfels); esquistos negros; cuarzo en vetas masivas; y pórfido andesítico púrpura.

El oro es de color amarillo dorado brillante, de grano medio a fino (< 4 mm de largo), y comprende láminas redondeadas de forma irregular, discos y gránulos, así como granos cristalinos o extremadamente irregulares, a menudo intercrecidos con cuarzo y que exhiben moldes de cristales. Las superficies de los granos varían de lisas a finamente o toscamente picadas. El oro aluvial está asociado con un mineral metálico gris identificado como telururo de bismuto (Sr. Alex Hirtz, com. pers., 1991).

La quebrada Quishpe drena una intrusión de granodiorita de biotita-hornblenda del Terciario, fracturada, alterada hidrotermalmente y mineralizada, la cual alberga vetas polimetálicas auríferas (ver sección de Mineralización primaria de oro), la fuente probable del oro aluvial.

Las posibles fuentes de oro aluvial en el área del Río Alao (Mapa 1; Jemielita, 1991a; Apéndice F1) incluyen depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (e.g. Mina Pilas), vetas de cuarzo mesotermales (e.g. alojadas en la falla de Baños), vetas de cuarzo polimetálicas (e.g. Mina Curiayana) y, posiblemente, mineralización singenética alojada en sedimentos (e.g. mineralización de Cu de la Quebrada Huarguallá; ver también la sección de Mineralización primaria de oro).

2.1.9 Palora (Figura 4b)

El Río Palora drena las laderas orientales de la Cordillera Real a través de la divisoria de aguas del Río Alao, que fluye hacia el oeste. El Río Llushín se ubica inmediatamente al norte del Río Palora (Mapa 8a; Jemielita, 1992; Apéndice F8), y ambos ríos están clasificados como auríferos (Pillajo y Báez, 1983).

La geología en el área de la cuenca comprende (de oeste a este) volcánicos del Cuaternario al Reciente de los volcanes El Altar y Sangay; granito o granito gneis (subdivisión Tres Lagunas), esquistos de moscovita-granate $\pm$ grafito (subdivisión Agoyán), y cuarcitas semipelíticas y filitas negras (subdivisión Chigüinda) de la división Loja; granodiorita deformada (subdivisión Azafrán), y greenstones (rocas verdes) andesíticas, volcanoclásticos y grauvacas (subdivisión Upano) de la división Salado. Hacia el este, en la zona subandina, los sedimentos cretácicos de las Formaciones Hollín, Napo y Tena están intercalados tectónicamente con litologías de la subdivisión Upano. Los tramos inferiores de algunos valles fluviales están parcialmente rellenos con rocas sedimentarias volcanoclásticas (e.g. lahares andesíticos en los Ríos Palora, Sangay y Llushín), cubiertos por depósitos de terrazas aluviales (auríferas).

La estructura en el área está dominada por una foliación de tendencia andina en los esquistos del basamento y contactos tectónicos (zona de cizalla o falla de cabalgamiento) entre, y dentro de, diferentes subdivisiones litológicas. Dos ejemplos notables son la falla de Cosanga y la falla Subandina.

Río Palora: El área examinada del Río Palora se encuentra aguas arriba de la confluencia con el Río Sangay y aguas abajo del Río Benado (Mapa 8a). Los afloramientos en el área comprenden lahares volcanoclásticos recientes (probablemente Pleistoceno-Holoceno) cubiertos por una capa de aluvión de bloques, polimíctico, poco consolidado y aurífero. Estas litologías parecen rellenar los valles amplios y de fondo plano (terrazas) de los ríos Palora y Sangay. Los depósitos de terrazas y lahares han sido cortados por el Río Palora y sus tributarios, y el aluvión activo del río también es aurífero. Los depósitos de lahar derivan, probablemente, del volcán activo Sangay o, posiblemente, del volcán antiguamente activo El Altar, al suroeste y oeste respectivamente. Los depósitos de terrazas aluviales y el aluvión activo del río derivan de una fuente metamórfica mixta (basamento de la Cordillera Real) de granitoides batolíticos, semipelíticos, pelíticos y esquistos verdes, así como de litologías sedimentarias (Formación Napo) de la zona subandina.

En el Río Palora, el oro se lava del aluvión poco consolidado, especialmente de las capas inferiores cerca del contacto con las brechas de lahar subyacentes, así como de los sedimentos activos del río. Esta sección del Río Palora es la más productiva y se dice que sustenta a unos sesenta mineros en el pico de la temporada minera. Se reportó una producción normal de hasta 5 g/día de oro por hombre. No había mineros trabajando al momento de la visita, pero previamente se han observado operaciones de oro aluvial en el área (Aspden, 1990), y el río está clasificado como aurífero (Pillajo y Báez, 1983). Se examinó el oro aluvial de tres localidades. El aluvión parece ser bastante rico y rindió cerca de 10 “colores” (chispas de oro) por batea al ser muestreado.

El oro es de grano medio a fino (< 3 mm de diámetro) y de color amarillo intenso. Los granos son comúnmente láminas aplanadas, redondeadas, irregulares y alargadas, y sus superficies están marcadas por picaduras de finas a medianas. Las muestras examinadas podrían no ser representativas del oro producido durante la minería aluvial, donde se puede recuperar oro más grueso.

Río Llushín: El Río Llushín fue examinado hasta 3 km al oeste de la confluencia con el Río Pastaza (Mapa 8b). Esta parte del río es aurífera (Pillajo y Báez, 1983) y es explotada estacionalmente por mineros artesanales.

La geología en esta área es similar a la del Río Palora y comprende depósitos de lahar andesítico cubiertos por gravas aluviales de bloques en terrazas (auríferas). Aguas arriba, el Río Llushín corta afloramientos de lutitas rojas y púrpuras, areniscas y conglomerados de la Formación Tena del Cretácico (Hoja geológica de Baños 88; Apéndice B). Los conglomerados están débilmente estratificados y comprenden cantos redondeados (de decenas de cm de diámetro) de cuarzo de veta masivo y mesotermal en una matriz bien cementada a friable de sílice calcedónica o limo, respectivamente. Se bateó un concentrado de minerales pesados a partir del conglomerado y rindió varios colores de oro fino. El oro aluvial se trabaja en terrazas y gravas activas del río, y se han cartografiado extensos depósitos de terrazas aluviales a lo largo de los tramos inferiores del Río Llushín (Hoja geológica de Baños 88; Apéndice B).

El oro aluvial de las gravas fluviales comprende granos desde gruesos (< 1 cm de diámetro) hasta finos. El color es amarillo intenso y las superficies presentan finas picaduras y están marcadas por hendiduras profundas y fracturas. Los granos son de ecuanes a alargados y aplanados, pero los granos más grandes son bastante gruesos. Los granos comprenden pepitas redondeadas a irregulares y láminas planas. No se observaron recubrimientos superficiales, pero un grano estaba parcialmente amalgamado con mercurio.

El oro aluvial en los ríos Palora y Llushín deriva, probablemente, de vetas de cuarzo mesotermiales alojadas en zonas de cizalla en el traspaís (hinterland) batolítico-metamórfico hacia el oeste (Cordillera Real). En el Río Llushín, una parte del oro aluvial puede ser suministrada por los conglomerados de cantos de cuarzo auríferos de la Formación Tena del Cretácico, pero este oro también deriva probablemente de vetas de cuarzo mesotermiales.

2.1.10 Región de Tena (Figura 4b)

Numerosos ríos en la región de Tena están clasificados como auríferos, particularmente el Río Napo y sus tributarios los ríos Jatunyacu, Verdeyacu, Chalupas/Cedro Yacu, Anzu, Ila, Piatua y Pano (Pillajo y Báez, 1983; Villavicencio, 1858; Hoja geológica Chalupas 86, Hoja geológica San José de Poaló 87, Hoja geológica Tena 101, Hoja geológica Puerto Napo 102; Apéndice B). Muchos tributarios menores dentro de este sistema de drenaje también son auríferos, especialmente en la zona baja subandina al este de la Cordillera Real. Además, se dice que las formaciones de rocas sedimentarias Tiyuyacu, Arajuno y Mera son auríferas (Hoja geológica de Tena 101). El área de la cuenca del Río Napo es extensa y drena la Cordillera Real entre la cordillera de los Llanganates al sur y las laderas meridionales del volcán Antisana al norte.

La geología del área de la cuenca del Río Napo comprende una sección completa de litologías a través de la Cordillera Real. De oeste a este, estas litologías incluyen volcánicos del Terciario al Reciente del graben interandino; anfibolitas basálticas (subdivisión Monte Olivo), granito (subdivisión Tres Lagunas), cuarcitas semipelíticas y filitas negras (subdivisión Chigüinda), y esquistos de moscovita-granate ± grafito, paragneis de moscovita y metapsamitas (subdivisión Agoyán), de la división Loja; granodiorita deformada y pórfido de diorita (subdivisión Azafrán), rocas verdes andesíticas, volcanoclásticos, grauvacas y esquistos pelíticos (subdivisión Upano), y mármoles y metasedimentos (subdivisión Cerro Hermoso) de la división Salado; y outliers (klippen) relativamente planos de skarn de calcita-magnetita y anfibolita megacrística de biotita. Hacia el este, en la zona subandina, los ríos atraviesan sedimentos cretácicos (Formaciones Napo y Tena), volcánicos continentales (Formación Misahuallí) y granito (subdivisión Abitagua, división Zamora), antes de pasar a los sedimentos del Terciario y Cuaternario del Oriente.

La estructura en esta región es compleja y comprende foliación de tendencia andina en los esquistos del basamento, y contactos tectónicos (fallas de zona de cizalla) entre diferentes subdivisiones litotectónicas. Los klippen de skarn y anfibolita se caracterizan por foliaciones relativamente horizontales y contactos por fallas de cabalgamiento. Los sedimentos cretácicos en la zona subandina también presentan fallamiento por cabalgamiento.

Río Verde-Yacu: Dentro de la Cordillera Real, a 1460 m de altitud en el Río Verde Yacu, la roca caja comprende esquistos negros de grano fino o filitas (Formación Napo). Los bloques del río consisten predominantemente en sedimentos negros, estratificados y de grano fino (Formación Napo), cortados por vetas masivas de calcita blanca ($\pm$ ankerita); sedimentos grises silicificados (Formación Napo) con vetas de cuarzo ($\pm$ pirita diseminada); y esquistos verdes epidotizados con texturas granulares ($\pm$ diorita?) y miloníticas. Otras litologías incluyen ($\pm$ orto-?) esquistos psamíticos gris de grano fino; granito (Tres Lagunas); pórfido dacítico con fenocristales de feldespato; lava andesítica de color púrpura rojizo, de grano fino, masiva o vesicular; una variedad de lavas dacíticas a andesíticas de colores claros a oscuros, porfídicas y/o vesiculares; y cuarzo de veta mesotermal masivo ($\pm$ ankerita $\pm$ clorita $\pm$ pirita $\pm$ pirrotina $\pm$ inclusiones negras o de esquistos verdes).

Se obtuvo oro mediante el lavado de aluviones de grava y bloques en la orilla del río, rindiendo uno o dos colores por batea. Los mineros afirman que el oro aluvial en el Verde Yacu es de grano fino y no se explota.

Río Chalupas (Cedro Yacu): Al oeste del Río Verdeyacu, a 1425 m de altitud en el Río Chalupas/Cedro Yacu, la roca caja comprende rocas metavolcánicas/volcanoclásticas de color verde, azul o púrpura y de grano fino a medio ($\pm$ subdivisión Upano?). Los bloques del río están dominados por rocas metavolcánicas/volcanoclásticas de color verde ($\pm$ subdivisión Upano?); y esquistos metavolcanoclásticos de color marrón. Otras litologías incluyen leucogranito granular de grano medio a grueso; granodiorita de hornblenda granular de grano grueso; esquistos verdes de grano fino a grueso; esquistos micáceos gris de grano fino; pórfidos masivos, homogéneos, de color gris verdoso y gris oscuro; brecha volcánoclastica de grano grueso, vesicular o meteorizada; brecha-toba soldada dacítica-riolítica de grano medio a grueso; sedimentos estratificados de grano fino de color negro/púrpura; y cuarzo de veta mesotermal blanco y masivo ($\pm$ inclusiones de esquistos verdes/clorita $\pm$ calcita).

El aluvión del lecho del río entregó hasta 10 granos de oro por batea y el río tiene reputación de ser rico; sin embargo, pocos mineros trabajan en esta zona debido a su inaccesibilidad. El oro es de color amarillo dorado intenso, de grano grueso a fino (diámetro < 1 cm), y consiste en láminas y pepitas gruesas, de irregulares a redondeadas, con superficies de picaduras medias a gruesas, a veces recubiertas por óxidos de hierro. Los granos de color amarillo brillante suelen estar intercrecidos con cuarzo. Se observó un grano de metal gris plateado mate ($\pm$ metal del grupo del platino, electrum o bismuto?).

Río Mulatos: El Río Mulatos es uno de los principales afluentes del Río Jatunyacu/Napo y drena la cordillera de los Llanganates. Los mineros locales afirman que el Mulatos no transporta oro, o no el suficiente para justificar su explotación.

Río Jatunyacu: Los ríos Verdeyacu, Chalupas/Cedroyacu y Mulatos conforman las cabeceras del Río Jatunyacu, que a su vez es la sección superior (aguas arriba de Puerto Napo) del Río Napo. El Río Jatunyacu/Napo es aurífero.

El oro aluvial del Río Jatunyacu es de color amarillo dorado intenso, de grano grueso a fino (longitud < 1 cm), y consiste en láminas delgadas a moderadamente gruesas, irregulares, alargadas y discoidales. Las superficies de los granos presentan picaduras de grano medio a grueso y a veces están recubiertas de óxido de hierro.

El oro aluvial del Río Bálsamo, un tributario del Jatunyacu cerca de Puerto Napo, es de color amarillo dorado intenso, de grano medio a fino (diámetro < 7 mm), y se compone de láminas de forma subredondeada a angular, moderadamente gruesas, alargadas, equidimensionales e irregulares. Las superficies de los granos presentan picaduras de medias a gruesas y, en ocasiones, están recubiertas de óxido de hierro.

En Sardinas, al sureste de Shandia en el Río Jatunyacu, el oro aluvial se extrae de aluviones de terraza y sedimentos fluviales activos. El aluvión de terraza comprende bloques de granito de grano medio a grueso; volcánicos porfídicos de color gris y grano medio a fino; rocas volcanoclásticas de grano fino a medio; granodiorita de grano fino; roca silicificada (¿sedimentaria?) masiva, de color blanco-grisáceo con vetas de cuarzo mesotermal; esquisto semipelítico / metagranito; y cuarzo de veta mesotermal masivo y blanco. Los bloques se encuentran en una grava arcillosa y la Formación está profundamente meteorizada. El aluvión (¿Formación Mera?) descansa en discordancia sobre arenisca de grano fino, de color rojo-verde-beige (¿Formación Tena?).

El oro de los aluviones del lecho del río es de color amarillo dorado intenso, de grano medio a fino (diámetro < 8 mm), y comprende láminas y alambres planos, de finos a moderadamente gruesos, irregulares y alargados. Las superficies de los granos presentan picaduras de medias a gruesas y los granos a veces están intercrecidos con cuarzo. El oro de esta localidad tiene fama de ser grueso (pepitas de hasta 10 g), y se observaron dos granos discoidales finamente picados que pesaban aproximadamente 0.4 g cada uno en los trabajos de terraza.

Río Anzu: El Río Anzu y muchos de sus afluentes son auríferos. El Río Anzu se une al Río Napo en Puerto Napo. Cerca de la población de Arosemena Tola, los bloques de río en el Río Anzu comprenden lavas andesíticas y pórfidos grises de grano fino a medio; y granodiorita gris-blanca, de grano medio a grueso, con fenocristales de feldespato (¿subdivisión Abitagua?). Otras litologías incluyen volcánicos porfídicos de color rosa/beige/blanco; volcánicos de grano fino de color gris oscuro; granodiorita con fenocristales de piroxeno; volcánicos verdes de grano fino, silicificados y piritizados; y cuarzo de veta mesotermal, masivo y gris-blanco.

El oro aluvial del Río Anzu es de color amarillo dorado intenso, de grano medio a fino (diámetro < 8 mm), y comprende láminas y gránulos gruesos a finos, discoidales, alargados e irregulares, a veces intercrecidos con cuarzo. Las superficies de los granos presentan picaduras de finas a gruesas.

Río Napo: El oro se extrae de terrazas aluviales y sedimentos fluviales activos a lo largo del Río Napo aguas abajo de Puerto Napo. En Puerto Misahuallí, el oro es comprado por dueños de tiendas.

El oro aluvial es de color amarillo dorado brillante, de grano fino a medio (diámetro < 5 mm), y comprende discos planos y finos y láminas irregulares. Los granos de forma irregular a veces están intercrecidos con cuarzo. Las superficies de los granos presentan picaduras de finas a gruesas y, en ocasiones, están estriadas.

Formación Tiyuyacu: Gravas estratificadas de la Formación Tiyuyacu (Figura 4a, b, c) fueron examinadas al sur de Puerto Napo y al suroeste de Tena. Estos sedimentos comprenden lechos pobremente litificados de arenas y gravas cuarcíticas de color marrón púrpura, dominadas por cantos bien redondeados y bien clasificados (de cm a decenas de cm de diámetro) de cuarzo de veta mesotermal blanco y masivo, así como cuarzo microcristalino gris y esquisto micáceo gris de grano fino. Los sedimentos de Tiyuyacu representan un ambiente sedimentario de alta energía, pero maduro, resultante de un episodio erosivo previo en la Cordillera Real durante el Eoceno u Oligoceno (Sauer, 1965; Baldock, 1982). El oro, al igual que los cantos de cuarzo de veta, se habría concentrado como un mineral resistente, habiendo sido este último liberado posteriormente tras la erosión de los sedimentos. Las gravas de la Formación Tiyuyacu tienen similitudes litológicas y sedimentológicas con las gravas de cantos de cuarzo-turmalina-oro del área del Río Shincata (Formación Bestión: Pillajo y Báez 1983; Jemielita, 1991b; Apéndice F2), pero se consideran de una edad diferente. No obstante, los procesos genéticos involucrados en su formación fueron probablemente similares. La Formación Tiyuyacu y otras formaciones sedimentarias en la zona subandina (Formaciones Tena, Aráujo, Mera y Chambira) también son auríferas (Pillajo y Báez, 1983; hoja geológica de Tena 101), y pueden ser fuentes sustanciales o al menos parciales del oro aluvial encontrado en los sedimentos fluviales activos en el área de Tena.

El oro aluvial en el área de Tena y el Río Napo es, por lo tanto, probablemente derivado de al menos dos fuentes. En primer lugar, vetas de cuarzo mesotermales primarias y auríferas que cortan litologías metamórficas y plutónicas de la Cordillera Real y, en segundo lugar, oro de la Formación Tiyuyacu (Eoceno-Oligoceno) y Tena (Cretácico-Terciario) y otras formaciones aluviales, derivadas previamente de la erosión de la Cordillera Real.

Río Topo: El Río Topo es un afluente del Río Pastaza y está clasificado como aurífero (Pillajo y Báez, 1983; Mapa 6d; Jemielita y Bolaños, 1992a; Apéndice F6). El Río Topo fluye hacia el este y luego hacia el sur desde el corazón de la cordillera de los Llanganates, drenando litologías de las subdivisiones Tres Lagunas, Agoyán, Cerro Hermoso, Azafrán y Upano, así como skarn cálcico-magnetita (Litherland et al., 1990).

Los bloques y cantos aluviales comprenden granodiorita; esquisto micáceo (a veces silicificado); limolita/filita negra; felsita porfídica y granito o monzonita; arenisca de color rojo-marrón; y cuarzo de veta mesotermal masivo.

La fuente del oro aluvial en el río puede atribuirse a vetas de cuarzo mesotermales, mineralización asociada con intrusiones de granitoides y/o pórfidos, y/o, posiblemente, mineralización de tipo skarn.

2.1.11 Cosanga - El Chaco (Figura 4c)

Los ríos Cosanga, Quijos, Oyacachi, Coca, Payamino y algunos de sus afluentes están clasificados como auríferos (Pillajo y Báez, 1983; hoja geológica de Baeza 100, Apéndice B). No se observó minería aluvial, pero las secciones fluviales más ricas en oro aluvial se muestran cerca de Cosanga (Río Cosanga), El Chaco (Río Oyacachi), Sardinas (Río Coca) y San José de Payamino (Río Payamino; Pillajo y Báez, 1983). Solo se sabe que estos dos últimos ríos son explotados por los habitantes locales.

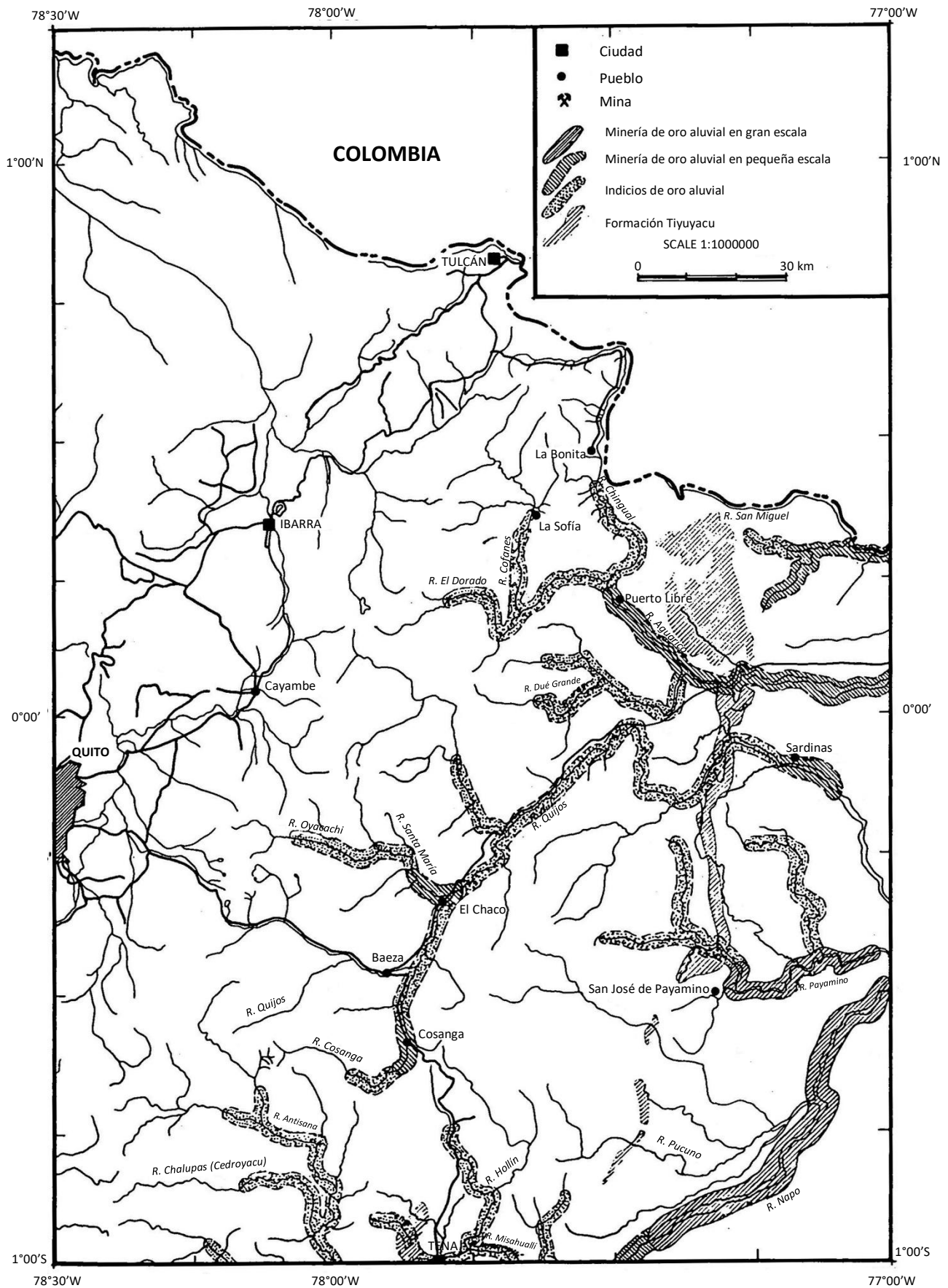


Figura 4c. Ríos auríferos en el norte de la Cordillera Real

Los Ríos Cosanga, Quijos, Oyacachi y sus tributarios drenan una gran área del norte de la Cordillera Real. Los Ríos Cosanga y Oyacachi son tributarios del Quijos, el cual es conocido como el Río Coca aguas abajo (en la zona subandina). La geología del área de la cuenca comprende una sección completa de litologías a través de la Cordillera Real. De oeste a este, estas litologías incluyen volcánicos del Terciario al Reciente del graben interandino; anfíbolitas basálticas (subdivisión Monte Olivo), granito (subdivisión Tres Lagunas), cuarcitas semipelíticas y filitas negras (subdivisión Chigüinda), y esquistos de moscovita-granate $\pm$ grafito, paragneis de moscovita y metapsamitas (subdivisión Agoyán), de la división Loja; granodiorita deformada y pórfido de diorita (subdivisión Azafrán), rocas verdes andesíticas, volcanoclásticos, grauvacas y esquistos pelíticos y grafiticos (subdivisión Upano), y mármoles y metasedimentos (subdivisión Cerro Hermoso) de la división Salado; y outliers (klippen) relativamente planos de skarn de calcita-magnetita y serpentinita. Hacia el este, en la zona subandina, los ríos cruzan sedimentos del Cretácico (Formaciones Napo y Tena), y volcánicos continentales (Formación Misahuallí), antes de pasar a los sedimentos del Terciario y Cuaternario del Oriente.

El Río Payamino no tiene conexión directa con la Cordillera Real y drena las laderas orientales del volcán Sumaco y sedimentos del Cretácico y más jóvenes de la zona subandina.

La estructura en esta área de la Cordillera Real es compleja y comprende esquistosidad de tendencia andina en los esquistos del basamento, y contactos tectónicos (zonas de cizalla) entre, y dentro de, diferentes subdivisiones litológicas. Los klippen de skarn y serpentinita se caracterizan por foliaciones relativamente planas y contactos de fallas de empuje. Los sedimentos del Cretácico en la zona subandina también presentan fallas de empuje.

Río Cosanga: En las cercanías de Cosanga y aguas arriba (Mapa 6b; Jemielita y Bolaños, 1992a; Apéndice F6), los bloques aluviales en el Río Cosanga comprenden rocas volcánicas de grano medio, granulares, porfídicas o vesiculares, de color gris y granate; esquistos de mica gris-verde-negro; granodiorita; cuarzo de veta mesotermal masivo ($\pm$ calcita); esquistos con augens; pizarra negra; limolitas marrón-verde; y serpentinita masiva de color verde oscuro. Se observaron uno o dos colores (chispas) de oro muy fino en concentrados de batea de minerales pesados del Río Cosanga.

Río Oyacachi: En los tramos inferiores del Río Oyacachi, en la unión con el Río Santamaría y aguas abajo (Mapa 6a; Jemielita y Bolaños, 1992a; Apéndice F6), los bloques aluviales comprenden una variedad de esquistos verdes milonitizados y epidotitas; pórfido cizallado; granito (Tres Lagunas); granodiorita; y esquisto micáceo de grano fino de color marrón. El cuarzo de veta mesotermal masivo es común, y frecuentemente contiene calcita masiva, clorita de grano fino y masas de pirita y/o calcopirita. En el Río Santamaría, son comunes los bloques de esquisto de sericita-clorita con manchas de hierro, color blanco-gris-verde, de grano fino a medio, con pirita y calcopirita diseminadas. No se observó oro en los concentrados de batea de minerales pesados, pero el Río Oyacachi está clasificado como aurífero (Pillajo y Báez, 1983).

La fuente del oro aluvial en estos ríos son probablemente vetas de cuarzo mesotermales que cortan las litologías de esquistos del basamento de la Cordillera Real. Los ríos Coca y Payamino probablemente también obtienen oro de los conglomerados de guijarros de cuarzo de la Formación Tiyuyacu del Eoceno, y es notable que las partes más ricas de estos ríos ocurren inmediatamente aguas abajo de su intersección con esta formación. Además, el aurífero Río Payamino no tiene conexión directa con la Cordillera Real; por lo tanto, los sedimentos de la Formación Tiyuyacu son, probablemente, la fuente dominante o única del oro aluvial. La fuente última del oro en la Formación Tiyuyacu también fueron vetas de cuarzo mesotermales (ahora erosionadas) en la Cordillera Real.

2.1.12 La Sofía - Río Cofanes (Figura 4c)

La parte más septentrional de la Cordillera Real tiene pocos ríos auríferos, pero el Río Cofanes es trabajado para la obtención de oro (Mapa 7d; Jemielita y Bolaños, 1992b; hoja geológica 98 de Mariano Acosta, Apéndices B y F7), y los ríos tributarios Dorado y Chingual también están clasificados como auríferos (Pillajo y Báez, 1983). Estos ríos se unen para formar el aurífero Río Aguarico. Inmediatamente al norte del Aguarico, el Río San Miguel, que marca la frontera entre Ecuador y Colombia, también es aurífero.

La geología de la cuenca del Río Aguarico y sus afluentes está dominada por granitoides plutónicos de la subdivisión Azafrán (granodiorita deformada y pórfido de diorita, y granito leucocrático no deformado), y la subdivisión Abitagua (granodiorita deformada, sienita de cuarzo y monzonita). Otras litologías en el área incluyen esquistos de moscovita-granate $\pm$ grafito, y paragneis de moscovita (subdivisión Agoyán); gneis de biotita $\pm$ hornblenda fina (subdivisión Santa Bárbara); volcánicos continentales y rocas silíceas finas (subdivisión Misahuallí); y, hacia el este, rocas sedimentarias del Cretácico (Formaciones Hollín y Napo).

La estructura está dominada por la foliación de tendencia andina de las litologías del basamento y contactos tectónicos (zonas de cizalla) que separan diferentes subdivisiones del basamento. La falla de Cosanga marca el límite oriental de la Cordillera Real y la falla de La Sofía limita el contacto oriental del granito de Condué. En el área de La Bonita-La Sofía, estructuras de tendencia no andina representadas por foliación, lineaciones minerales, fracturas y orientaciones de vetas y diques, tienen un rumbo entre N84°E y N110°E y un buzamiento de vertical a 75° N. Estas orientaciones no han sido reconocidas previamente y su significado no se comprende en la actualidad. En la zona subandina, el fallamiento de empuje afecta a las litologías sedimentarias del Cretácico y más jóvenes.

Río Cofanes: Los bloques en el Río Cofanes reflejan generalmente la composición dominada por granitoides de las litologías del basamento. Otros bloques comunes comprenden colores blanco-gris-negro, finamente estratificados, mineralizados con sulfuros (pirita, calcopirita, pirrotina), sedimentos corneanizados (hornfelsed); esquistos micáceos; esquistos verdes o anfíbolita; y cuarzo de veta mesotermal, blanco y masivo. Los bloques de río mineralizados en el área de La Sofía comprenden sedimentos bandeados-corneanizados y esquistos, ricos en sulfuros; cuarzo de veta polimetálico rico en sulfuros; y vetas de cuarzo mesotermales masivas. Un minero local también tenía muestras de material de veta rico en sulfuros que consistía en cuarzo blanco lechoso masivo y dolomita o ankerita de color crema, con pirita gruesa, calcopirita y esfalerita, y una sulfosal metálica (cobre) de color púrpura-gris. Se observó material similar con covelina teñida de malaquita verde y un mineral metálico gris opaco, laminar, posiblemente calcosina.

La gente local afirma que hasta treinta mineros extraen oro mediante bateo en el Río Cofanes, principalmente en sitios aguas abajo del tributario Río Chalaes. Se obtuvo una pequeña muestra de este oro aluvial, la cual es de color amarillo intenso y forma discos, perdigones y varillas de grano fino a medio, irregulares a redondeados, con superficies toscamente picadas. Se dice que se han encontrado pepitas de 30 g de peso.

La fuente del oro aluvial en el Río Cofanes no se conoce, pero puede estar relacionada con las litologías mineralizadas con sulfuros observadas. La presencia generalizada de sedimentos bandeados, endurecidos/corneanizados y mineralizados con sulfuros en el área, y hacia el este en el área de Rosa Florida, indica la probable existencia de un techo colgante sedimentario sobre la granodiorita (La Bonita), ubicado a lo largo de la cresta interviniente. Esta situación es similar al entorno geológico en el batolito de Zamora, y el área debería ser investigada por potencial mineralización relacionada con skarn (ver sección de mineralización primaria de oro).

Río Aguarico - Río San Miguel: En la zona subandina, y hacia el este en el Oriente, se trabaja oro aluvial en los ríos Aguarico y San Miguel (en la frontera con Colombia) y en algunos de sus tributarios (Pillajo y Báez, 1983). Ambos ríos parecen ser más ricos en oro aguas abajo de los afloramientos de sedimentos de la Formación Tiyuyacu, y es probable que esta formación sea la fuente de gran parte del oro aluvial en estos ríos. El Río Aguarico probablemente también obtiene oro del sistema del Río Cofanes.

2.2 Oro - Depósitos de paleoplacer

En la zona subandina, al este de la Cordillera Real, el oro se presenta dentro de Formaciones sedimentarias del Cretácico y Terciario, así como en terrazas fluviales y aluviones. La aurífera Formación Tiyuyacu es de particular interés porque se presenta a lo largo de una longitud de rumbo de 150 km y 100 km en las áreas norte y sur de la zona subandina, respectivamente (Figura 4a, b, c; ver Depósitos de Oro Aluvial; Región de Tena). Los conglomerados de guijarros de cuarzo (veta) de la Formación Tiyuyacu tienen características en común con conglomerados auríferos productivos en otras partes del mundo y de diferentes edades (Pretorius, 1981).

2.3 Resumen: Oro-Depósitos aluviales

La presencia común de cuarzo de veta mesotermal masivo como bloques de río en la Cordillera Real y áreas adyacentes, además de conformar guijarros en los sedimentos auríferos de Tiyuyacu, Mera, Bestión y otras formaciones aluviales, sugiere que el oro aluvial se originó a partir de vetas de cuarzo mesotermales, alojadas en zonas de cizalla, que cortan las litologías del basamento de la Cordillera Real. Se han publicado pocos análisis de oro aluvial de la Cordillera Real (Wolf, 1892; Beddoe-Stephens, 1987, 1989), pero los resultados son ampliamente consistentes con un origen de veta mesotermal. Sin embargo, algunos resultados apoyan orígenes alternativos para el oro aluvial en ciertos lugares.

Wolf (1892) publicó análisis de muestras de oro aluvial de los ríos Shincata (Bestión; finura de 895), Ayllón (finura de 843), San Francisco (finura de 911) y Collay (finura de 822). Los ríos de la zona subandina han producido valores de finura de oro aluvial de entre 782 y 976 (un grano 553 de finura; Beddoe-Stephens, 1987). Los valores de finura de oro anteriores caen mayoritariamente entre 782 y 976 y están dentro de los rangos de mineralización de vetas de cuarzo mesotermales (cinturón de esquistos y Arcaico), plutónica, relacionada con pórfidos y epitermal (Morrison et al., 1991).

Beddoe-Stephens (1987, 1989) detalló los contenidos de plata en muestras de oro aluvial de la Cordillera Real, por ejemplo: Río Ayllón (promedio de finura de Au 827; 4-22 % de Ag), Río Collay-Pilares (promedio de finura de Au 813; 5-25 % de Ag), Río Santa Bárbara-Mina Peggy (promedio de finura de Au 844; 8-24 % de Ag), Río de la Burra Playa-Principal (promedio de finura de Au 879; 5- 24 % de Ag), Los Planes (promedio de finura de Au 689; 22-42 % de Ag), y Piuntza (promedio de finura de Au 798; 16-28 % de Ag). Los valores promedio de finura se sitúan en el rango de 689 a 879. Los altos valores de plata de algunas de estas muestras sugieren fuentes epitermales, volcanogénicas o relacionadas con pórfidos para el oro aluvial rico en plata, y existe evidencia geológica que respalda esto; por ejemplo, la mineralización epitermal en Los Planes y Piuntza (Clarke, 1989).

Actualmente se ha recolectado un conjunto más completo de muestras de oro aluvial de la Cordillera Real, las cuales serán analizadas en un futuro cercano.

3. METALES PRECIOSOS – MINERALIZACIÓN PRIMARIA

3.1 Oro

Las cifras estimadas de producción de oro para Ecuador en los años 1988 a 1992 se sitúan en el rango de 10 a 13 toneladas anuales (informe interno no publicado del INEMIN; Figura 5). Aproximadamente el 10% de esta producción proviene de depósitos aluviales y el resto de minas de “roca dura” (veta). La producción de oro en la Cordillera Real está dominada actualmente por la minería aluvial, pero existe un potencial considerable para el descubrimiento y explotación de depósitos de oro primario. En contraste, los ricos depósitos de oro primario del batolito de Zamora (Cordillera de Tzunantza), en el sureste de Ecuador, rinden actualmente la mayor proporción de la producción de oro en el país (Figura 5).

Esta sección tratará sobre las ocurrencias y el potencial de mineralización primaria de oro y plata en la Cordillera Real y el batolito de Zamora, clasificados genéticamente. A continuación, se describirán las estructuras y luego las intrusiones jóvenes que controlan la mineralización de oro y plata.

3.1.1 Mineralización aurífera en sulfuros masivos volcanogénicos

Mina Pilas: Se han obtenido valores de hasta 479 ppb de Au en muestras de pirita masiva estratificada de la Mina Pilas (Apéndice D). La Mina Pilas se localiza a unos 16 km al noreste del pueblo de Alao, en las laderas orientales de la Cordillera de Pilas (Mapa 1; Jemielita, 1991a; Apéndice F1), a una altitud de entre 4155 y 4185 metros. Las rocas de caja comprenden esquistos verdes y metavolcánicas de esquistos sericíticos de la subdivisión Alao-Paute. La mineralización consiste en pirita masiva, granular y estratificada, intercalada con horizontes de esquistos sericíticos y cuarzo granular, envuelta en un bloque de piso de esquistos sericíticos piríticos y un bloque de techo de esquistos cloríticos verdes, también con pirita diseminada. El lecho de pirita tiene al menos 7 metros de espesor y unos 200 metros de largo y está plegado, con esquistos cloríticos verdes en el núcleo y esquistos sericíticos blancos en la envoltura. El pliegue se cierra hacia el sur y su plano axial buza abruptamente hacia el oeste. El espesor del esquistos sericíticos no ha sido determinado, pero excede las decenas de metros. Localmente, la foliación tiene un rumbo N173°E, buzando 74°W, pero la estratificación en el horizonte pirítico imita la geometría del pliegue. El horizonte de pirita está cortado en algunos puntos por pequeñas vetas de cuarzo epigenéticas y un dique o veta de pirita granular fue observado intruyendo el bloque de piso de esquistos sericíticos. Tanto el esquistos sericíticos como el esquistos cloríticos exhiben un plegamiento fuerte y complejo.

Este depósito es un sulfuro masivo volcanogénico y es una indicación alentadora del potencial de mineralización polimetálica de cobre-zinc-plomo $\pm$ Au $\pm$ Ag en la vecindad y en otros lugares dentro de la subdivisión Alao-Paute.

Guarumales: Ubicadas dentro de las litologías de la subdivisión Upano, las muestras del prospecto de sulfuro masivo volcanogénico polimetálico de Guarumales (Mapa 4b) produjeron hasta 2510 ppb (2.5 g/t) de Au en asociación con altos valores de Ag, Cu, Pb, Zn y otros metales (ver sección de Cu, Pb, Zn; Apéndice D).

3.1.2 Mineralización de oro epitermal alojada en volcánicos

Frecuentemente se obtienen valores anómalos de oro a partir de mineralización de estilo epitermal en litologías volcánicas y volcanoclásticas del Terciario temprano al Reciente del graben interandino, las cuales se superponen al basamento de la Cordillera Real. Esto es particularmente evidente a lo largo de la falla Las Aradas-Baños, donde las litologías mencionadas a veces albergan minas epitermales auríferas (pero usualmente ricas en plata), como por ejemplo San Bartolomé y Pilzhum (ver sección de Plata), y prospectos. La mineralización epitermal también se encuentra dentro del batolito de Zamora y las áreas suprayacentes de rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición riolítica a andesítica.

Gima-Cerro Colorado: Una brecha de pórfido lixiviada por ácido, silicificada y gossanizada en Cerro Colorado, al este de Gima (Mapa 3a), entregó valores de hasta 4259 ppb de Au (Apéndice D). La mineralización en el área comprende vetas epitermales estrechas que cortan los esquistos del basamento de la subdivisión Tres Lagunas, y forman zonas de silicificación más amplias dentro de las litologías volcánicas y volcanoclásticas dacíticas suprayacentes. Los valores de oro y plata en las zonas silicificadas están acompañados por anomalías de As y Sb.

Cuchil: En Satunsaray, localizado al este y cuesta arriba del pueblo de Cuchil, aproximadamente a 4 km al SSW del pueblo de Sigsig (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4), se han obtenido valores de Au de hasta 4013 ppb (4 g/t) a partir de una brecha calcedónica (Apéndice D). La geología comprende lavas volcánicas y tobas del Cuaternario (¿Formación Tarqui?) y, en el área examinada, estas rocas están expuestas a lo largo de unos 150 metros en el lado este de la carretera Sigsig-Chigüinda. Numerosos bloques sueltos también se encuentran dispersos a lo largo de los márgenes de la carretera y en campos cercanos. Las rocas comprenden flujos de lava de riolita y brechas diversamente silicificadas, alteradas por arcilla y/o de color marrón con manchas de óxido de hierro, y porfídicas. Las brechas son a veces polimícticas en su composición y a menudo tienen oquedades (*vugs*) que contienen sílice de grano fino o alunita. En el extremo norte del afloramiento de la carretera, una brecha de pórfido riolítico gris, silicificada, con oquedades y manchas de color rojo-marrón con pirita diseminada, forma un lecho suprayacido por una brecha riolítica de color blanco crema. Algunas de las brechas están compuestas de sílice opalina o calcedónica de baja densidad. La naturaleza silicificada y mineralizada con sulfuros de estas litologías riolíticas sugiere fuertemente una mineralización de tipo epitermal, la cual se asocia frecuentemente con el vulcanismo riolítico (White y Hedenquist, 1991) y, ocasionalmente, con mineralización de oro-plata y metales base. Se observaron litologías riolíticas similares en los afloramientos al oeste de Cuchil, y toda el área subyacente por volcánicos del Cuaternario (¿Formación Tarqui?) podría tener potencial para mineralización epitermal económica.

Sigsig-Loma Quipal: Se han obtenido valores de Au (y Cu) en Loma Quipal, ubicada a 1 km al sureste de Sigsig (com. pers. Alan Carter, 1992; Mapa 4a). La geología comprende litologías volcánicas y volcanoclásticas de andesita-dacita que suprayacen al basamento cizallado (granito Tres Lagunas). La alteración y la mineralización comprenden andesitas/dacitas débil a moderadamente silicificadas y, a veces, alteradas argílicamente, con pirita diseminada en algunos lugares. Se presentan bloques de volcánicos porosos y gossanizados, lixiviados por ácido, con hematita, jarosita, cuarzo y alunita, ocasionalmente manchados por sulfato de cobre. Esta mineralización epitermal puede estar conectada con la mineralización relacionada con pórfidos alrededor de Mina Peggy.

San Bartolomé: Se reportan valores accesorios de oro para la mina de plata epitermal San Bartolomé, cerca de Cuenca (INEMIN-Misión Belga, 1988; ver sección de Plata).

Pilzhum: Se reportan leyes de mineral de 3.2 g/t de Au, junto con plata (1500 g/t) y cobre (2 %), para el depósito de plata epitermal de Pilzhum, cerca de Azogues (INEMIN-Misión Belga, 1988).

Osogochi-Atillo: Se han registrado valores de Au de hasta 64 ppm (Apéndice D) a partir de litologías volcánicas mineralizadas y alteradas de las áreas de Osogochi y Atillo, ubicadas a unos 45 km al SSE del pueblo de Guamote, en la divisoria de aguas de la Cordillera Real (Mapa 5b; Jemielita y Bolaños, 1991b; Apéndice F5). La geología local está dominada por lavas recientes y rocas volcanoclásticas hacia el oeste, que sobreyacen extensamente en discordancia y, a menudo intensamente, a esquistos negros y cuarcitas del basamento con vetas de cuarzo de la subdivisión Maguazo, y a esquistos verdes de la subdivisión Alao-Paute hacia el este. Una montaña prominente con laderas de color rojo, llamada Cerro Pucurcu Grande (equivalente en quechua a Cerro Colorado o Montaña Roja), domina el área al oeste de Cerro Soroche (Mapa 5b). El color rojo se debe a las manchas de óxido de hierro del pórfido con fenocristales de feldespatos (*feldspar-phyric*) que contiene piritas diseminadas y del cual está compuesta la montaña. Lejos del afloramiento más mineralizado (de unos 3 km² de área) en el Cerro Pucurcu Grande, las rocas de caja comprenden andesitas porfídicas de grano medio, grises, a veces con alteración de epidota (propilítica). Esta litología contiene pequeñas áreas de alteración y mineralización más intensa en algunos lugares. Otras áreas de alteración hidrotermal y mineralización relativamente extensas e intensas incluyen las laderas noroeste del Cerro Tintillay (Mapa 5b). Un valle estrecho aquí contiene canchales (*scree*) de color amarillo-marrón que comprenden pórfido andesítico y brecha alterados y silicificados de color blanco-gris, con piritas diseminadas de grano fino a medio y calcopirita más rara. La quebrada colina abajo desde este sitio contiene un sedimento aluvial/coluvial grueso de pórfido alterado y mineralizado en una matriz de arcilla. Los concentrados de batea de este material comprenden arena de piritas casi pura.

Otras áreas de rocas volcánicas porfídicas alteradas hidrotermalmente y mineralizadas con sulfuros ocurren en la montaña (4060) al oeste de Laguna Verde Cocha, en las cercanías de los tramos inferiores de la quebrada Yuracyacu (Mapa 5b), y en las cercanías del pueblo de Atillo.

La mayoría de las litologías descritas anteriormente son probablemente flujos de lava y rocas volcanoclásticas, pero algunos afloramientos pueden ser intrusiones o brechas intrusivas. El Cerro Pucurcu Grande se considera particularmente importante porque comprende una gran área de pórfido mineralizado. Además, un Cerro Pucurcu Chico está marcado en el mapa topográfico (escala Huangra 1:50000; Apéndice A) a unos 3 km al SSW del Cerro Pucurcu Grande, y es probablemente de composición similar. El potencial económico se sugiere por la existencia de una Quebrada de Minas en el lado este del Cerro Pucurcu Chico (Mapa 5b). Los guías locales sugieren que esta quebrada es aurífera. Es probable que la extensa alteración hidrotermal y la mineralización asociada con estas litologías porfídicas estén relacionadas con intrusiones porfídicas de alto nivel.

Zamora Batholith: Importantes mineralizaciones polimetálicas relacionadas con pórfidos, vetas epitermales, brechas intrusivas y mineralización diseminada de oro-plata ocurren en asociación con intrusiones porfídicas jóvenes (¿Terciario?) de dacita-riolita y rocas volcánicas/volcanoclásticas en numerosas localidades del batolito de Zamora, por ejemplo: Chinapintza, Piuntza, Los Planes (Clarke, 1989; Gemuts et al., 1992; Figura 6).

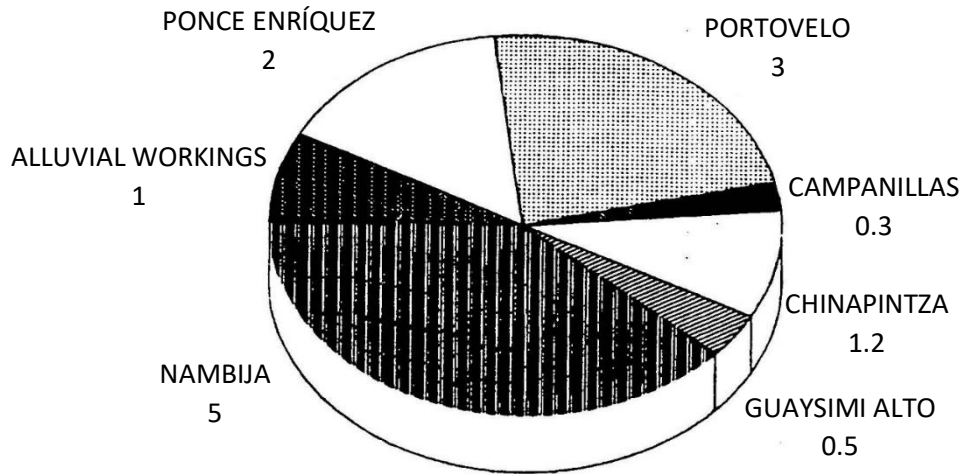


Figura 5. Diagrama de la producción aproximada de oro en Ecuador en 1990 (INEMIN-CODIGEM).

Chinapintza: En el área minera de Chinapintza, al sureste de Ecuador (Figura 6), un conjunto de vetas de cuarzo epitermales, polimetálicas (que contienen Cu-Pb-Zn) y estrechas (< 0.5 m de ancho), están alojadas en granodiorita de grano grueso (¿Batolito de Zamora?), tobas y pórfidos de feldespato. Se han obtenido valores de hasta 363 g/t de oro en muestras de mano (Clarke, 1989), pero la ley promedio se estima en aproximadamente 50 g/t Au (Gemuts et al., 1992). El prospecto Viche (o Biche), ubicado a 2.5 km al sur de Chinapintza, comprende diatremas mineralizadas con sulfuros y brechas intrusivas que cortan flujos de lava y tobas dacíticas-riolíticas silicificadas, con vetas de cuarzo y ricas en sulfuros (pirita y esfalerita). Las muestras mineralizadas tienen hasta 10.9 g/t Au, con un promedio de 1.5 a 2 g/t Au (Gemuts et al., 1992).

Piuntza: El prospecto Piuntza se ubica a 13 km al oeste de Nambija (Figura 6). La mineralización de oro está asociada a una brecha central (¿intrusiva?) y una red de vetillas de cuarzo-sulfuro que cortan un *plug* de pórfido de cuarzo-feldespato. El prospecto se localiza dentro de los restos de una secuencia volcánica y volcanoclástica. Se reporta la presencia de pirita y esfalerita, así como oro (hasta 7.32 g/t) y plata (hasta 38 g/t; Clarke 1989). La descripción de Piuntza se asemeja estrechamente a la del área de Viche al sur de Chinapintza.

Los Planes: El prospecto epitermal de oro-plata Los Planes se ubica al sureste de Zumba y consiste en una serie de vetas de cuarzo estrechas y stockworks de cuarzo alojados en tobas fuertemente meteorizadas y argilizadas, y lavas andesíticas densas que sobreyacen al batolito de Zamora. Una muestra de un denso stockwork de cuarzo entregó 233 g/t Au, pero otras muestras variaron desde 3.02 g/t hasta niveles por debajo del límite de detección (Clarke, 1989).

3.1.3 Mineralización de oro relacionada con pórfidos

Fierro Urcu: Fierro Urcu es un prospecto de cobre-molibdeno y metales preciosos (en vetas), relacionado con pórfidos, ubicado a 14 km al suroeste de Saraguro en el flanco occidental de la Cordillera Real (ver sección de Cu, Zn, Pb; hoja geológica Loja 56; Apéndice B). Socavones abandonados en el área siguen vetas polimetálicas, explotadas en la época colonial para oro y plata. Las rocas de caja son litologías volcánicas y volcanoclásticas andesíticas a riolíticas del Terciario (¿Oligoceno?) intruidas por diques y *plugs* de granodiorita y, posiblemente, infraycidas por litologías de la subdivisión Alao-Paute. Las vetas comprenden cuarzo lechoso con turmalina, pirita, calcopirita, molibdenita y trazas de enargita, estibina y otros sulfuros. Se han obtenido valores de oro de hasta 22 g/t (la mayoría de los valores por debajo de 1 g/t) para muestras de vetas, y se ha realizado una estimación de 53.5 millones de toneladas de roca mineralizada con 0.3 ppm Au (y 0.2 % Cu) basada en perforaciones, probablemente en una mineralización diseminada de estilo porfídico (INEMIN-Misión Belga, 1988).

Saraguro-Lomo del Loro: Seis km al sur-suroeste de Saraguro, un corte de carretera reciente en Lomo del Loro expone un pórfido dacítico extensamente alterado de forma argílica (Mapa 2f; Jemielita, 1991b; Apéndice F2). Se han obtenido valores de oro de hasta 822 ppb (Apéndice D) en una brecha intrusiva de pórfido dacítico, clasto soportada y mineralizada con sulfuros, dentro de un plutón de dacita cuarzo-feldespática. La minería artesanal a pequeña escala en el área explota la brecha de pórfido dacítico con alteración argílica que contiene pirita, arsenopirita, calcopirita y esfalerita.

Una brecha intrusiva cercana, al este de Cerro Puglla (Mapa 2f), tiene hasta 217 ppb Au (Apéndice D) y se caracteriza por clastos de pórfido silicificados y piritizados, a veces con alunita rosada cristalina.

Sigsig-Mina Peggy: La mineralización polimetálica relacionada con pórfidos en Mina Peggy, cerca de Sigsig (Mapa 2h; Jemielita, 1991a, b; Apéndices F1 y F2; ver sección de Cu, Pb, Zn), tiene valores de oro de hasta 2660 ppb Au, pero está dominada por plata (Apéndice D).

Ayllón-Santa Bárbara: Al este de Mina Peggy, en las proximidades de la confluencia del Río Santa Bárbara y el Río Ayllón (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4), se analizaron bloques de cuarzo-arsenopirita ($\pm$ otros sulfuros; ver sección de Oro - Depósitos Aluviales) en los ríos con resultados de hasta 5.2 ppm Au. En la misma zona, se ha explotado una veta de cuarzo que contiene arsenopirita, pirita y otros sulfuros aproximadamente 0.5 km aguas abajo de la confluencia, en la margen este del Río Santa Bárbara. Este sitio fue examinado previamente por Clarke (1989), quien reportó valores de oro de 46.5 a 635 g/t en muestras de mineral de escombrera, y estos valores han sido confirmados (Apéndice D). Aproximadamente 1 km aguas arriba de la confluencia, en la margen este y, particularmente, en la margen oeste del Río Ayllón, se observaron labores en roca dura que producen oro a partir de una veta de cuarzo-pirita-calcopirita-arsenopirita (¿y otros sulfuros?) de 0.5 metros de espesor, la cual intruye a los esquistos del basamento (subdivisión Chigüinda) con un rumbo de N67°E y un buzamiento de 68°NW. Esta mineralización en vetas puede ser una zona distal rica en oro (Jones, 1992) relacionada con la mineralización tipo pórfido de Mina Peggy. El área de Ayllón es actualmente (enero de 1993) el objetivo de una pequeña fiebre del oro, tanto aluvial como en roca dura (A. Hirtz, com. pers., 1993).

Batolito de Zamora: Se documentan prospectos de pórfidos potencialmente auríferos en el área del batolito de Zamora en Hito, cerca de Chinapintza, y en Cutuntza y Augusta, cerca de Nambija (Gemuts, 1992).

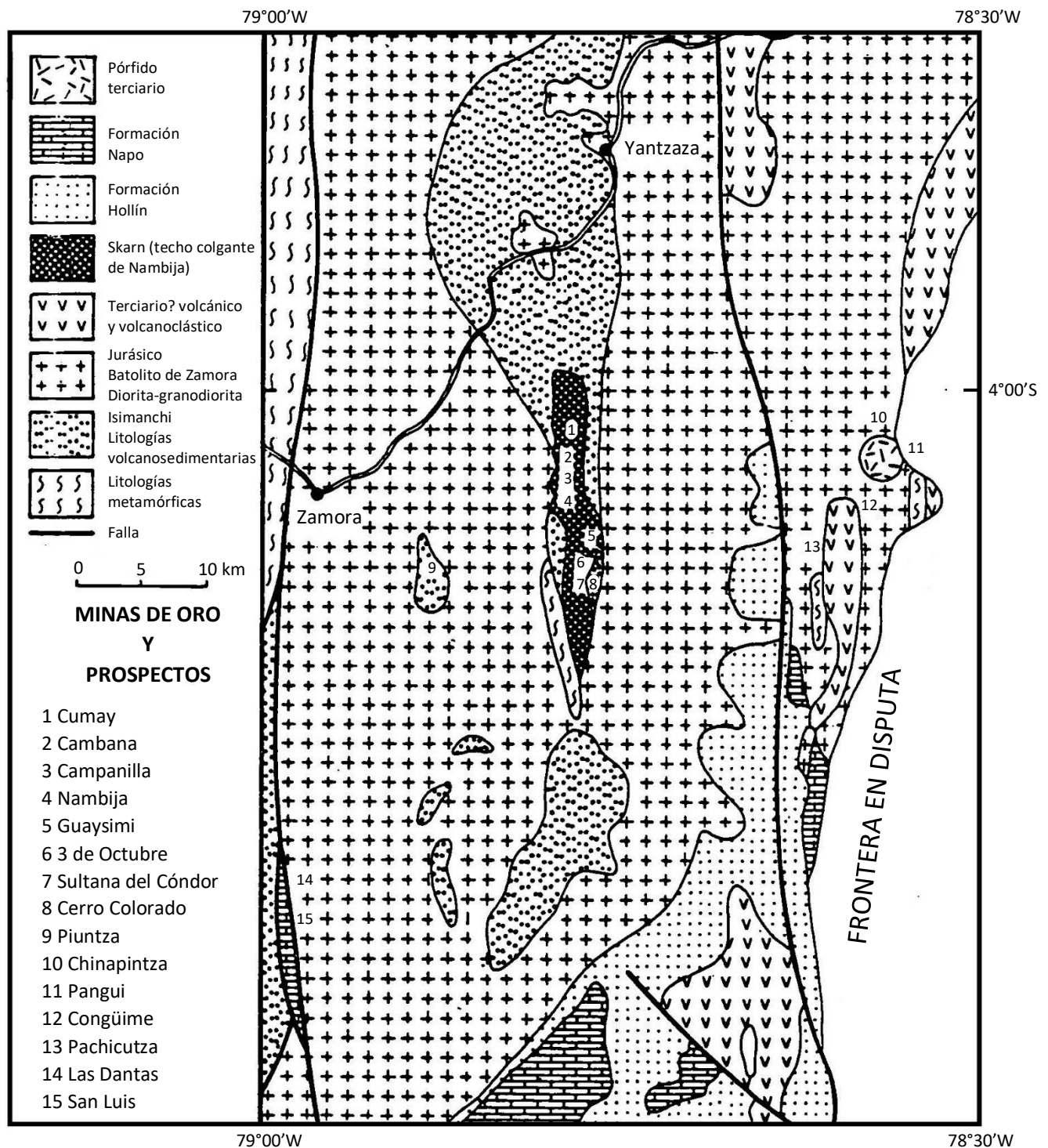


Figura 6. Geología general y ubicación de minas y prospectos de oro en el batolito de Zamora (según Litherland et al. in prep.).

3.1.4 Mineralización de oro en skarns

Algunas de las ocurrencias más importantes de mineralización de oro en Ecuador se localizan en litologías de la subdivisión Isimanchi, donde forman techos colgantes dentro del batolito granodiorítico de Zamora (subdivisión Abitagua; Figura 2). El distrito minero aurífero de Nambija fue explotado durante la época colonial española temprana y, posiblemente, en tiempos precolombinos (Navarro, 1986), y fue redescubierto en 1981. El área se ha convertido desde entonces en la zona minera de oro más productiva de Ecuador. El redescubrimiento de Nambija ha estimulado la exploración y la minería en grandes áreas del sureste de Ecuador, y ahora existen muchas áreas productoras de oro (Figura 6; Gemuts et al., 1992). Sin embargo, la minería sigue estando dominada por técnicas artesanales practicadas por individuos y cooperativas.

El área desde Zamora hacia el este hasta la frontera en disputa con Perú, y hacia el norte desde la misma frontera hasta el oeste de la ciudad de Gualaquiza, está infrayacida por el batolito de Zamora (Figura 2), de escala regional, edad Jurásica (190 Ma) y composición calcoalcalina de granodiorita-diorita. En algunos lugares, el batolito alberga grandes inclusiones, interpretadas como techos colgantes (Litherland et al., 1990), que comprenden una secuencia de mármoles, areniscas, lavas andesíticas-dacíticas y volcanoclásticos que se cree pertenecen a la subdivisión Isimanchi del Triásico Superior.

Nambija: El distrito de Nambija se localiza a 19 km al este de la ciudad de Zamora (Figura 6). El mapa topográfico (hoja Zamora 1:50000; Apéndice A) muestra labores antiguas en el área, así como pequeños ríos llamados Oro, Fierro y Hierro (probablemente por los bloques de magnetita que se encuentran comúnmente en los ríos; ver sección de Hierro). En el distrito de Nambija, y en otras localidades dentro del techo colgante, el protolito volcanosedimentario está skarnificado. Las áreas de skarn a menudo corresponden con los distritos mineros (Figura 6). En la mina Campanillas, y hacia el sur en el área del poblado de Nambija, la secuencia sedimentaria está bien expuesta en las labores mineras.

La siguiente descripción petrográfica se toma de Litherland et al. (en prep.):

Los skarns en Nambija varían desde rocas de grandita virtualmente monominerales hasta protolitos incipientemente skarnificados, que comprenden predominantemente volcanoclásticos andesíticos (tobas/brechas) que exhiben alteración sericitica y propilitica (clorita, epidota, prehnita). En el skarn de Nambija se encuentra una alteración retrógrada de calcita-cuarzo-clorita-feldespatos potásico. Los especímenes examinados varían desde roca fresca rica en granate carente de esta paragénesis tardía, hasta material en el cual tanto el granate temprano como el tardío han sido reemplazados extensamente. La deposición de piritita ocurrió en esta etapa tardía, y las indicaciones actuales sugieren que el oro también se depositó principalmente durante la alteración retrógrada, más que durante la formación inicial de la paragénesis granatífera.

Una característica sorprendente de la roca de Nambija, observada en sección delgada, es el hábito poiquilítico del cuarzo, claro y sin deformación, lo que da la apariencia superficial de no haber sido afectado por procesos de alteración. Las temperaturas de homogeneización de inclusiones fluidas de este cuarzo (Shepherd, 1988) indican una formación o recrystalización y recocido a temperaturas relativamente bajas de aproximadamente 200°C. Además, un patrón en el cual la temperatura del fluido disminuyó a alrededor de 150°C, y la salinidad aumentó de ca. 2 a 24 % en peso equivalente de NaCl, se indica mediante la comparación de datos de inclusiones fluidas para el cuarzo de, aparentemente, skarn de granate no retrogradado con el de cuarzo en roca aurífera que contiene carbonato-adularia. La alteración retrógrada evidentemente comenzó con el crecimiento y recocido del cuarzo intersticial antes de la introducción de carbonato y minerales asociados.

A escala regional, la mineralización en el techo colgante de Nambija parece estar controlada por dos fallas paralelas de escala regional con tendencia N-S.

A escala de mina, la mineralización se localiza a lo largo de un conjunto de fracturas frágiles con tendencia NE. Estas últimas fracturas controlan tanto la skarnificación como la mineralización económica de oro. Las estructuras mineralizadas son subverticales y cortan una estratigrafía tipo “capas de pastel”. La extensión de la skarnificación dentro de las capas individuales varía, siendo más amplia en las tobas de grano fino y más estrecha en las brechas. Esta diferencia se atribuye a variaciones en la química de la roca y, posiblemente, a la permeabilidad.

Los skarns de Nambija forman un depósito de oro significativo con leyes de hasta 200 g/t en los bolsones (*pockets*) más ricos, pero con un promedio de 15 g/t. La producción se ha estimado en 3 a 6 toneladas por año (Gemuts et al., 1992; Figura 5), y las reservas de mena se han estimado en el orden de millones de toneladas (Salazar, 1988). Los datos de muestras de Nambija indican una relación Au:Ag de ca. 20:1 (Clarke, 1989), la cual es comparable con las relaciones de Au:Ag en el oro nativo analizado (ver abajo) y superior a las relaciones de skarn de oro citadas en Meinert (1988). Esto contrasta con las relaciones Au:Ag de ca. 1:10 registradas en depósitos no relacionados con skarns (epitermales) como los prospectos Chinapintza y Piuntza (Clarke, 1989; Figura 6). El oro nativo, donde se observa, forma ampollas de hasta 1 mm asociadas con feldespatos potásicos, calcita y cuarzo, y de forma intersticial a la grandita. La composición de este oro medida por EPMA varía de 3 a 13 % atom de Ag (Beddoe-Stephens, 1987 y 1989). En estos skarns existe pirita y calcopirita.

En resumen, el techo colgante (*roof pendant*) de Nambija comprende una exposición alargada en sentido N-S de rocas volcánicas y sedimentarias del Triásico que forman una secuencia estratigráfica reconocible, infrayacida por granodioritas y dioritas del batolito de Zamora, de edad Jurásica. Las litologías del techo colgante están intruidas, en algunos lugares, por diques básicos tardíos y por diques y *plugs* de pórfido monzonítico (A. Rogers, com. pers., 1991). Dos fallas de escala regional orientadas N-S controlan la ubicación de los distritos mineros, pero a escala de mina, estructuras NE controlan la skarnificación y la mineralización de oro. La mineralización está dominada por oro, aunque se han observado indicios significativos de cobre en Campanillas y otros metales están presentes. Los depósitos de Nambija se consideran skarns relacionados con pórfidos dominados por oro.

Otros campamentos mineros dentro del techo colgante volcanosedimentario del batolito de Zamora (Nambija) explotan skarns de oro; por ejemplo: Cumay, Cambana, Campanilla, Guaysimi, 3 de Octubre y Sultana del Cóndor (Figura 6).

Litherland et al. (1990) reportan valores de oro de hasta 15 ppm en muestras de los campos de skarn del norte de la Cordillera Real, pero esto no ha sido confirmado.

3.1.5 Mineralización de oro relacionada con intrusiones de granodiorita

Quebrada Quishpe-Alao: En el área de la quebrada Quishpe, al sureste de Riobamba (Mapa 1; Jemielita, 1991a; Apéndice F1), las litologías de la subdivisión Cebadas (división Guamote) están intruidas por un plutón granodiorítico que alberga mineralización de vetas polimetálicas auríferas. El oro libre se presenta localmente en suelos y arroyos (ver sección de Oro - Depósitos Aluviales).

Río Ishpingo: En el área del Río Ishpingo (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4), una granodiorita de biotita mineralizada con sulfuros que intruye a los esquistos de la subdivisión Chigüinda indicó valores de hasta 319 ppb Au (Apéndice D).

Río Isimanchi: En las cabeceras del Río Isimanchi, ubicado al sur de Ecuador en la frontera con Perú (Mapa 2a; Jemielita, 1991b; Apéndice F2), se obtuvo un valor de 171 ppb Au en una veta de brecha mineralizada con pirita que corta la granodiorita del batolito de Portachuela (Apéndice D). El batolito de Portachuela intruye litologías del basamento de las subdivisiones Chigüinda y Sabanilla.

3.1.6 Mineralización de oro en vetas de cuarzo mesotermales

Cera-Loja: En Cera, aproximadamente a 15 km al NW de Loja, se ha extraído oro de vetas estrechas de cuarzo-ankerita-pirita alojadas dentro de esquistos negros y grises cizallados de la subdivisión Agoyán. Al este de Loja, Wolf (1892) describe una mineralización similar en Cerritos de Calvario.

Masanamaca: En Masanamaca, entre los pueblos de Vilcabamba y Yangana, se ha trabajado oro en vetas de cuarzo en esquistos negros y grises (subdivisión Chigüinda) a lo largo del Río Minas (Wolf, 1892; Bonilla, 1987). Se visitó una mina en un entorno geológico similar a lo largo del Río Chiriguana, al este de Yangana (Mapa 2c; Jemielita, 1991b; Apéndice F2).

Guamote: La división Guamote está mejor expuesta entre Riobamba y Achupallas y comprende pizarras negras y cuarcitas (subdivisiones Guasuntos y Cebadas), y cuarcitas negras y pálidas con pizarras (subdivisión Punín). Aunque no se ha registrado mineralización de oro en estas litologías, se mencionan aquí porque comúnmente contienen vetas de cuarzo mesotermales de tipo masivo, frágil y dúctil que pueden ser auríferas.

La amplia ocurrencia de cuarzo de veta mesothermal masivo en forma de bloques en ríos frecuentemente auríferos, así como en aluviones de terrazas y formaciones sedimentarias, sugiere fuertemente que gran parte del oro aluvial de la Cordillera Real deriva de la mineralización de vetas de cuarzo mesotermales.

3.1.7 Mineralización miscelánea de oro

Litherland et al. (1990) reportan trazas de oro y plata en muestras de las subdivisiones sedimentaria turbidítica de Maguazo y ofiolítica de Peltetec, pero estos informes no han sido confirmados.

La Mina Curiayana se localiza en la cresta que separa la Quebrada Minas y la Quebrada Shiga, 3.6 km al este-norte del pueblo de Alao, a una altitud de 4155 metros (Mapa 1; Jemielita, 1991a; Apéndice F1). Las rocas de caja son metavolcánicas de grano fino, de color gris-verde, fuertemente foliadas y a veces plegadas, pertenecientes a la subdivisión Alao-Paute. La foliación en el área tiene un rumbo N24°E y buza 48° al oeste. El desarrollo minero tiene una rampa de 2 a 3 metros de profundidad que sigue dos vetas de cuarzo estrechas (15 cm de ancho) que cortan la fábrica de esquistosidad en un ángulo obtuso. Las vetas ocupan fracturas frágiles con rumbo N77°E y buzamiento de 80° al sur, y comprenden cuarzo de grano grueso con textura en peine y terminaciones vuggy. Los sulfuros ocurren comúnmente cerca de las paredes de la veta e incluyen pirita, calcopirita, esfalerita y galena. Se obtuvo oro libre de las vetas oxidadas. La alteración de la roca de caja es ausente o poco conspicua, pero las vetas están oxidadas y muestran tinciones marrones de hierro. Esta mineralización se considera de tipo veta hidrotermal polimetálica de origen genético desconocido. No se observaron intrusiones porfídicas en las cercanías.

El plutón máfico-ultramáfico bandeado de Tampanchi intruye litologías metamórficas de la subdivisión Alao-Paute y está asociado con valores anómalos de Au (Overseas Platinum Corp., 1988). Concesiones de oro aluvial cercanas respaldan esto hasta cierto punto, pero es más probable que el oro aluvial esté asociado con vetas de cuarzo mesotermiales que cortan los esquistos del basamento. Se observa una mina de oro en el mapa topográfico (escala 1:50000, hoja Cola de San Pablo) aproximadamente 3 km al SW del pueblo de Taday.

Al oeste del pueblo de Chigüinda (Mapa 4a), una sección de 2 km de ancho de esquistos de mica gris (subdivisión Chigüinda) está alterada hidrotermalmente y piritizada (Jemielita, 1991c; Apéndice F2). Se han obtenido valores de hasta 1082 ppb Au en una localidad, y también ocurre mineralización de metales base y molibdeno (Apéndice D).

Una franja de pegmatitas “bien definida” al norte de Monte Olivo (Litherland et al., 1990), tras un análisis más detallado, ha demostrado ser una franja de esquistos micáceos semipelíticos con bandas ocasionales de micropegmatita de cuarzo-feldespatos-moscovita $\pm$ turmalina. El análisis de las muestras indicó valores muy altos de sílice y 0.069 g/t de Au, pero todos los demás elementos fueron decepcionantemente bajos (Apéndice D).

Aproximadamente 2 km al oeste de Monte Olivo (Mapa 7a), un prominente afloramiento de 10 metros de ancho junto a la carretera, compuesto por esquisto verde (subdivisión Monte Olivo) de colores blanco-amarillo-rojo-marrón y alterado hidrotermalmente, forma una característica visible con un rumbo de aproximadamente N20°E y un buzamiento de 60°W, que recorre casi toda la altura de la vertiente norte del valle del Río Escudillas (Jemielita y Bolaños, 1992b; Apéndice F7). La alteración también es visible ascendiendo por las laderas sur del valle. La alteración es sericitica y caolínica, con colores debido a los óxidos de hierro. La textura varía de foliada a masiva. No se observaron sulfuros, pero se tomó una muestra de canal para análisis que presentó hasta 450 ppb (0.45 g/t) de Au (Apéndice D). Una muestra previa de esquirlas de roca de esta ubicación indicó los siguientes valores: 471 ppm de Cu, 79 ppm de Pb, 144 ppm de Zn y 17 ppm de Ag (INEMIN-Misión Belga, 1988)

3.2 Plata

Históricamente, la minería en roca dura en la Cordillera Real desde la época colonial ha estado dominada por la producción de plata. No se dispone de cifras de producción, pero varias localidades, como por ejemplo Cubillín, Tungurahua, Condorazo (al este de Riobamba) y Pilzhum (al este de Azogues), se mencionan frecuentemente como sitios de minas de plata (Navarro, 1986). Se mencionan ocurrencias de mineralización de plata en los mapas geológicos 56, 72 y 73 (escala 1:100000; Apéndice B), y en Goossens (1972) y Ribadeneira (1960).

La plata se presenta ampliamente como un metal accesorio en depósitos y prospectos de minerales de oro y/o polimetálicos. Los altos valores de plata en la Cordillera Real suelen estar asociados con mineralización hidrotermal y alteración ligada a intrusiones de pórfidos de andesita a riolita, y a rocas volcánicas y volcanoclásticas. La mineralización comprende chimeneas de brecha intrusivas, vetas y diseminaciones, y varía de carácter mesotermal a epitermal. Los altos valores de plata también están asociados con la mineralización de sulfuros masivos volcanogénicos, y se encuentran valores anómalos en intrusiones de granodiorita alterada y skarns.

3.2.1 Mineralización de plata en sulfuros masivos volcanogénicos

Muestras mineralizadas del prospecto de sulfuros masivos volcanogénicos de Guarumales (Río Paute) (Mapa 4b; ver sección de Cu, Pb, Zn más adelante) también tienen valores de Ag de hasta 12.86 oz/T. Estos altos valores de Ag están asociados con oro y una variedad de metales base (Apéndice D).

3.2.2 Mineralización de plata epitermal hospedada en rocas volcánicas

San Bartolomé: La mina San Bartolomé se localiza de 1 a 1.5 km al N y NW del pueblo del mismo nombre, a una altitud de entre 2800 y 3300 metros (hoja topográfica Sigsig escala 1:50000; Apéndice A). Fue descubierta durante un estudio del UNDP (Fozzard, 1985), la mina es propiedad actual y está operada bajo un acuerdo de riesgo compartido (*joint venture*) entre Banguet Corp. Canada Ltda. y Armenonic del Ecuador (Puig y Pazmiño, 1990). El área minera ha sido explorada extensa e intensivamente por varias organizaciones (INEMIN-Misión Belga, 1988). La mineralización ocurre dentro de flujos de lava de pórfido andesítico del Terciario, de grano fino a grueso, que se cree están infrayacidos por meta-andesitas de la subdivisión Alao-Paute (división Alao). La mina ha sido explorada mediante perforación superficial y subterránea (6800 metros), galerías de exploración (1600 metros) y trincheras superficiales (200 metros) por proyectos de las Naciones Unidas entre 1969 y 1978, y este trabajo ha sido continuado en varios niveles de la mina por los actuales propietarios.

La mineralización se aloja en vetas de fractura (5 a 10 cm de ancho) y vetillas. Las bifurcaciones y estructuras en “cola de caballo” son comunes. Las vetas son de tipo de alto y bajo ángulo (pendientes y planas) y tienen un rumbo dominante ENE. Dos fallas principales con tendencia NE a NNE ocurren en el área de la mina. La mineralización es compleja e incluye esfalerita, pirita, marcasita, galena, calcopirita, sulfosales, arsenopirita, arsénico nativo, tetraedrita, pirrotina, boulangerita, polibasita, pearceíta, sternbergita, pirargirita, freieslebenita y oro nativo. Los minerales de ganga son cuarzo, calcita, ópalo y adularia. La alteración hidrotermal incluye una fuerte argilización con cuarzo, sericita, clorita, calcita, pirita y turmalina. Parte de la alteración puede estar relacionada con meteorización profunda.

Entre 1969 y 1972, los proyectos de las Naciones Unidas reportaron reservas de 25 Mst (millones de toneladas cortas) con >2 oz/st de plata y 1.1 Mst con 10 oz/st de plata. Entre 1976 y 1978, se reportaron 94200 st de reservas con valores de 22.93 oz/st de plata, 1.99% de zinc; 0.68% de plomo y trazas de oro y cadmio (UNDP, 1972d; INEMIN-Misión Belga, 1988; Fozzard, 1985). Los propietarios actuales reportan reservas de 100000 t con 20 oz/t de plata, y una planta de beneficio de 100 t.p.d. (toneladas por día) se encuentra actualmente en operación.

La mineralización es de tipo veta epitermal polimetálica compleja, alojada en rocas volcánicas jóvenes. El potencial económico es bueno y la exploración se está extendiendo actualmente hacia el área oriental (Shunaste).

Pilzhum: El área de Pilzhum es conocida desde hace mucho tiempo como productora de plata (Wolf, 1892). El área de la mina Pilzhum se ubica a unos 16 km de Azogues, cerca de la carretera a Taday, a una altitud de 3400 a 3765 metros (Mapa 2i; Jemielita, 1991a, b; Apéndices F1 y F2). La mina y el área circundante han sido examinadas por varios individuos y organizaciones (INEMIN-Misión Belga, 1988). La roca de caja es un stock de pórfido de cuarzo-andesita o dacita del Terciario superior o edad Cuaternaria. También está presente una brecha intrusiva. El desarrollo minero comprende más de 600 metros de galerías y los restos de una planta de procesamiento de minerales son visibles. La mineralización de la mena incluye pirita, calcopirita, galena, esfalerita, enargita, tetraedrita, proustita, bornita, calcosina y covelina. Las leyes de mena reportadas son de 1500 g/t de plata; 3.2 g/t de oro y 2% de cobre. Los minerales de ganga son cuarzo y baritina. La alteración hidrotermal es mayoritariamente argílica, y es particularmente fuerte en zonas adyacentes a las vetas. También ocurre silicificación y alteración propilitica esporádica.

El control estructural regional del depósito Pilzhum se ha relacionado con la extensión hacia el sur de la falla San Antonio (Litherland et al., 1990). Localmente, la mineralización ocurre dentro de 19 a 23 vetas conocidas que ocupan una zona de 3 km por 2 km. Las orientaciones dominantes de las vetas son N20°E (buzamiento subvertical), N80°E (buzamiento subvertical o fuerte al N), y N45° a 70°E (buzamiento subvertical o fuerte al S). Las vetas principales tienen una longitud de 170 a 600 metros (INEMIN-Misión Belga, 1988). La mineralización es compleja, polimetálica, de tipo veta epitermal, hospedada por una intrusión porfídica. El sistema mineralizado es amplio y se considera que el potencial económico es bueno para el descubrimiento de nuevas vetas, así como de mineralización hospedada en brechas y, posiblemente, de tipo pórfido. Recientemente una compañía minera norteamericana ha realizado perforaciones y trincheras.

Chinapintza: Se ubica en el sureste de Ecuador (Figura 6); se han reportado valores de hasta 250 g/t Ag (Clarke, 1989) provenientes de vetas de cuarzo epitermales, polimetálicas y con contenido de metales preciosos, relacionadas con intrusiones de pórfido dacítico-riolítico de alto nivel y rocas volcánicas. Las minas de la zona son trabajadas para oro por mineros artesanales y cooperativas, pero el contenido significativo de plata del oro producido reduce el precio pagado a los mineros por su producto. El área cercana de Viche también presenta valores de plata asociados con oro y metales base en diatremas, brechas intrusivas y rocas volcánicas dacíticas-riolíticas mineralizadas (Gemuts et al., 1992; ver sección de mineralización primaria de oro).

Otras áreas: Otros prospectos epitermales que contienen valores de plata incluyen Los Planes (Ag 62 g/t) y Piuntza (Ag 38 g/t; Clarke, 1989; ver sección de mineralización primaria de oro), en el batolito de Zamora (Figura 6). Valores anómalos de Ag también están asociados con intrusiones de pórfido dacítico-riolítico alteradas y mineralizadas y brechas intrusivas asociadas, e.g. Lomo del Loro < 11 ppm Ag, y Cerro Puglla 0.4 ppm Ag (Mapa 2f; Jemielita, 1991b; Apéndice F3), Río Collay 13.1 ppm Ag (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991b; Apéndice F5), Gima-Cerro Colorado 6.8 ppm Ag (Mapa 3a; Jemielita, 1991c; Apéndice F3), y rocas volcánicas y volcanoclásticas de pórfido andesítico a riolítico alteradas y mineralizadas, e.g. Cuchil 1.7 ppm Ag, y Principal 0.9 ppm Ag (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4), Osogochi 1.8 ppm Ag, y Atillo 0.3 ppm Ag (Mapa 5b; Jemielita y Bolaños, 1991b; Apéndice F5).

3.2.3 Mineralización de plata relacionada con pórfidos

Fierro Urcu: Es un prospecto de cobre-molibdeno y metales preciosos (veta) relacionado con pórfidos, ubicado a 14 km al SW de Saraguro en el flanco occidental de la Cordillera Real (ver sección de Cu, Zn, Pb; hoja geológica de Loja 56; Apéndice B). Los socavones abandonados en el área siguen vetas polimetálicas explotadas en la época colonial para la obtención de oro y plata. Se han obtenido valores de plata de hasta 1464 g/t (la mayoría de los valores por debajo de 10 g/t) en muestras de vetas (INEMIN-Misión Belga, 1988).

Aproximadamente 22 km al sur de Fierro Urcu, en Uritohuaser, un prospecto de plomo-zinc alojado en una falla, cerca del contacto entre una intrusión de granodiorita y rocas volcánicas andesíticas, presentó valores de hasta 33 g/t Ag (INEMIN-Misión Belga, 1988; hoja geológica de Loja 56; Apéndice B).

Sigsig-Mina Peggy: Mina Peggy (Mapa 3a) contiene valores significativos de plata. La mineralización y la geología de Mina Peggy y el área circundante se detallan más abajo (ver sección de Cu, Pb, Zn; Jemielita, 1991a, b; Apéndices F1 y F2). Las muestras mineralizadas a menudo superan los 50 g/t de Ag (Apéndice D), y se han reportado valores de hasta 170 g/t (ppm) de Ag. La mineralización comprende vetas polimetálicas complejas, stockworks y brechas intrusivas, probablemente relacionadas con intrusiones porfídicas riolíticas jóvenes.

Ayllón-Santa Bárbara: Al este de Mina Peggy, cerca de la confluencia de los ríos Santa Bárbara y Ayllón (Mapa 4a), las muestras de mena de cuarzo en vetas con sulfuros polimetálicos de una mina abandonada tienen >50 ppm de Ag, así como valores a menudo espectaculares de oro y otros metales (Apéndice D; ver sección de Mineralización Primaria de Oro). Esta veta, y otras en el área, pueden estar relacionadas con la mineralización de Mina Peggy, y esta posible relación está respaldada por los altos valores de arsénico encontrados en ambos sistemas (ver sección de Arsénico).

Río Isimanchi: También se encuentran valores anómalos de Ag (16.6 ppm) en mineralización de sulfuros en vetas y/o diseminada asociada con intrusiones porfídicas que cortan el batolito de granodiorita Neógeno Portachuela, en los alrededores de las cabeceras del Río Isimanchi (Mapa 2a).

3.2.4 Mineralización de plata miscelánea

Los valores de plata están asociados con el oro en depósitos de tipo skarn del área de Nambija (Ag 17 g/t; Clarke, 1989).

También se encuentran valores anómalos de Ag en intrusiones de granodiorita alteradas y mineralizadas con sulfuros y sus aureolas (hidro)termales, e.g. Ishpingo 28.9 ppm Ag (Mapa 4a), Amaluza 5.5 ppm Ag (Mapa 4b; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4), y Abanico-Upano 0.3 ppm Ag (Mapa 5a); en zonas de cizalla en esquistos en Laguna Negra-Atillo 0.9 ppm Ag (Mapa 5b; Jemielita y Bolaños, 1991b; Apéndice F5), y Chigüinda 1 ppm Ag (Mapa 3a; Jemielita, 1991c; Apéndice F3).

Litherland et al. (1990) reportan valores de Ag de los campos de skarn del norte, e.g. en El Placer (5.8 ppm Ag), en el Río Chalpi (anomalía de 19 ppm Ag en sedimentos fluviales), el Río Azuela al NE del volcán Cayambe (anomalía de 7 ppm Ag en sedimentos fluviales), un hornfels silíceo con granate del área del Río Cofanes (2 ppm Ag), y también un pico cercano de Ag por XRF en minerales pesados de sedimentos fluviales (ver Apéndice E) en el Río Cofanes, aguas arriba de La Sofía. También se reportan 2.8 ppm de Ag en una roca de veta de Zn (con 491 ppb Au) en filitas grafiticas del Río Papallacta.

Se reportan además altos valores de plata (hasta 30%) en análisis de oro aluvial de ríos que drenan la Cordillera Real (Beddoe-Stephens, 1987, 1989; ver sección de Resumen: Depósitos de Oro Aluvial).

3.3 Controles estructurales en la mineralización primaria de oro-plata

El sistema de fallas Las Aradas-Baños corresponde generalmente con el contacto entre las rocas volcánicas y volcanoclásticas del Terciario del graben interandino y las litologías metamórfico-plutónicas del basamento de la Cordillera Real en Ecuador (Figura 2). En el sur del país, entre Nabón (Río Shincata) y Sevilla de Oro (Río Collay), numerosos ríos aluviales auríferos corresponden geográficamente con la falla de Baños, lo que llevó a Aspden (en Litherland et al., 1990) a proponer la existencia de un “cinturón de oro” (Collay-Shincata). Estudios adicionales a lo largo del sistema de fallas Las Aradas-Baños (Jemielita, 1991b, 1991c, Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndices F2, F3 y F4), indican que esta estructura parece controlar varios tipos de mineralización de metales preciosos y base:

3.3.1 Vetas de cuarzo mesotermales ($\pm$ oro)

Se han registrado pocas ocurrencias de mineralización primaria de cuarzo-oro en vetas mesotermales en la Cordillera Real. Una excepción notable ocurre en el pueblo de Cera, que se extiende a ambos lados de la falla Las Aradas, al noroeste de Loja (Figura 7).

La presencia generalizada de cuarzo de veta mesotermal masivo (a veces asociado con sulfuros, ankerita y otros minerales de carbonato, turmalina, clorita, etc.) como bloques en depósitos aluviales auríferos, y en vetas hospedadas en el basamento ubicadas a lo largo de la falla de Baños, respalda una conexión genética entre el oro aluvial y las vetas de cuarzo mesotermales hospedadas (zona de cizalla) en el basamento. Esto se ve reforzado por las morfologías de los granos de oro aluvial, a menudo angulares o con poca abrasión, que indican una derivación local (e.g. Ríos Shincata-Betas; Matanga; ver secciones pertinentes en Depósitos de oro aluvial).

3.3.2 Mineralización Au-Ag alojada en volcánicos relacionada con epitermales y pórfidos

Numerosos prospectos y anomalías de oro, plata y otros metales están asociados con mineralización epitermal hospedada en rocas volcánicas (E) y relacionada con pórfidos (P) en localidades a lo largo de la falla Las Aradas-Baños, e.g. Los Juanes (P, E), Uritohuaser (P), Fierro Urcu (P), Lomo del Loro (E), Cerro Puglla (E), Shincata (E), Gima-Cerro Minas (E), Mina Peggy (P), Cuchil (E), Loma Quipal (E), San Bartolomé (E), Principal (E), Río Collay (E), (Figura 7; ver secciones de Mineralización epitermal hospedada en volcánicos y relacionada con pórfidos de oro y plata para más detalles). Esta correlación geográfica sugiere fuertemente que la falla Las Aradas-Baños ejerció un control fundamental en el emplazamiento de las intrusiones mineralizantes responsables de la mineralización epitermal y relacionada con pórfidos.

La mayor parte de la mineralización descrita anteriormente ocurre en la sección Saraguro-Sigsig del sistema de fallas, el cual comprende un *jog tensional* en la falla dextral de Baños (Figura 7).

Los campamentos mineros dentro del techo colgante de Nambija (Figura 6) están, aparentemente, controlados por dos fallas paralelas de tendencia norte-sur espaciadas unos 300 metros entre sí; sin embargo, dentro de los campamentos mineros individuales, e.g. Nambija y Campanilla, la mineralización está controlada por fallas frágiles de tendencia noreste (comunicación personal de A. Rogers, 1992). Esta geometría de fallas es consistente con una cizalla dextral, similar a las orientaciones de cizalla dominantes observadas en la Cordillera Real (comunicación personal de J. Aspden, 1992).

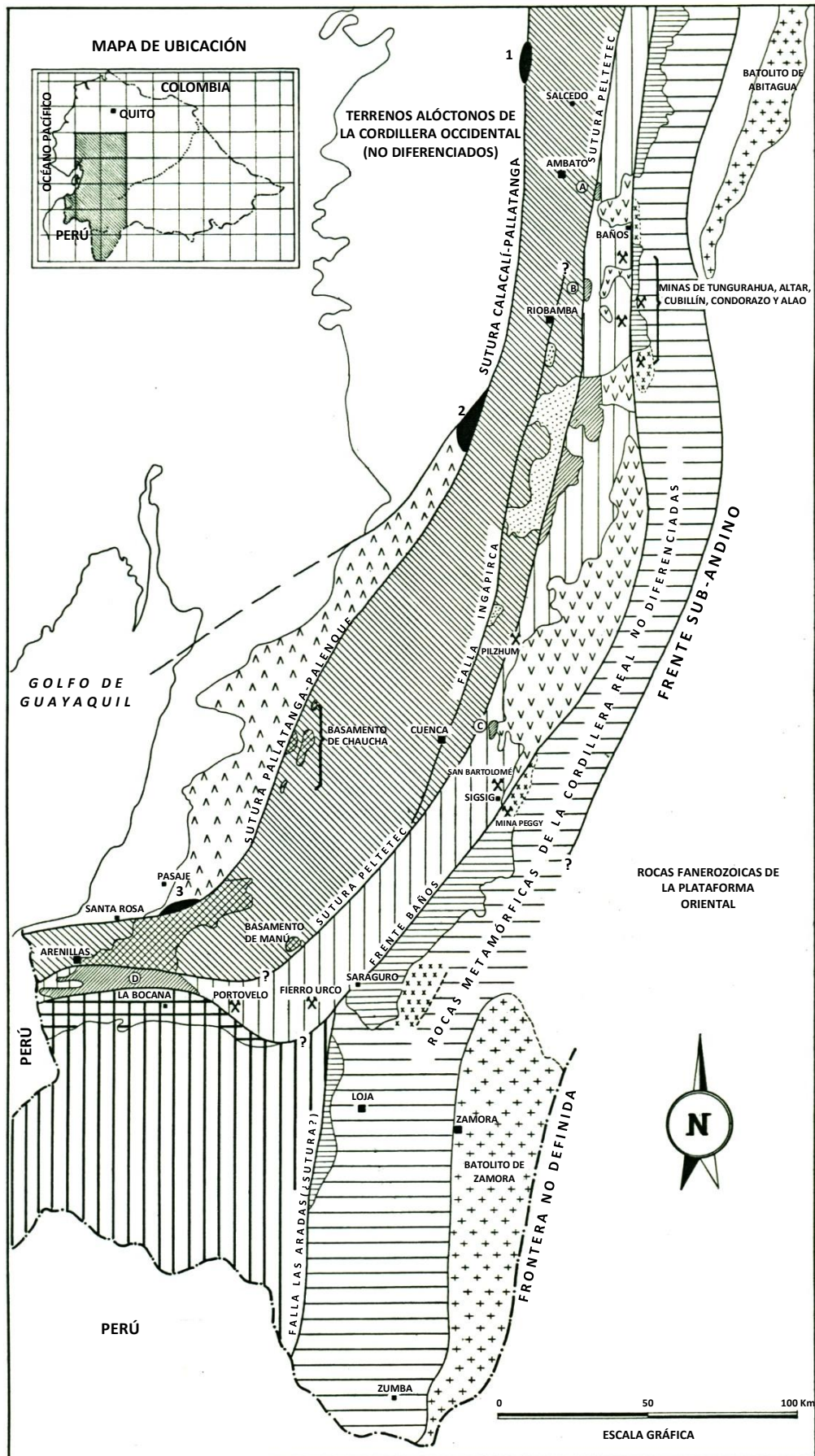


Figura 7. Ubicaciones de mineralización de oro, plata y polimetálica en relación con el sistema de fallas transcurrente dextral Las Aradas-Baños (modificado de Aspdén et al., 1988).

LEYENDA



Predominantemente rocas metamórficas no diferenciadas de la Cordillera Real



La extensión propuesta hacia el oeste de las rocas metamórficas no diferenciadas cubiertas por rocas más jóvenes

FAJA OCCIDENTAL DE LA CORDILLERA REAL (SECUENCIA COLISIONAL)



División de rocas verdes y metasedimentarias Alao-Paute



Complejo de subducción Peltetec incluyendo:

- (A) Gabro del Río Blanco de Patate
- (B) Rocas ofiolíticas de Penipe
- (C) Sedimentos oceánicos, turbiditas y olistostromos del Río Paute-Jadán
- (D) Complejo Raspas: rocas ultramáficas, esquistos azules y verdes



Divisiones no diferenciadas de la faja Occidental al oeste de la sutura Peltetec



La división Alao-Paute y el complejo de subducción Peltetec cubiertos por rocas más jóvenes

TERRENO CHAUCHA-ARENILLAS



Rocas metamórficas generalmente de alto grado incluyendo cuarcita, anfibolita, esquistos y gneis con moscovita/biotita $\pm$ sillimanita



Límites propuestos dentro de las suturas Peltetec (este) y Pallatanga-Palenque/Calacalí-Pallatanga (oeste) cubiertas por depósitos más jóvenes

TERRENO NONO-SHOBOL (DEFINIDO POR MEGARD Y LEBRAT, 1986)



Principalmente basalto y andesita con sedimentos marinos de bajo grado de metamorfismo

TERRENO LA BOCANA



Rocas metamórficas de alto grado incluyendo anfibolita, cuarcita, gneis pelítico migmatítico con granate y granito para-autóctono



La extensión propuesta al sur hacia Perú. En el este y norte el terreno está limitado por la falla Las Aradas y el frente Baños

OTRAS UNIDADES



Complejo ofiolítico de la Cordillera Occidental y su extensión al sur
1 = Pujilí-Saquisilí; 2 = Pallatanga; 3 = Palenque



Granitoide, esquistos y gneis frecuentemente con cuarzo azul: rocas tectonizadas relacionadas con el frente Baños



Intrusivos calco-alcalinos de probable edad Jurásica

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

—— Contacto geológico

----- Contacto geológico no determinado

—— Sutura o arrastre mayor



Minas polimetálicas relacionadas con la faja Occidental de la Cordillera Real y el frente Baños

4. METALES BASE

4.1 Cobre, plomo y zinc

Existen numerosas indicaciones y ocurrencias de cobre, plomo y zinc a lo largo de la Cordillera Real, ya sea como metales individuales o como mineralización polimetálica. Algunas ocurrencias han sido registradas en los mapas geológicos (escala 1:100000 de Ecuador) números 39, 55, 56, 57, 58, 71, 72, 73NW (1:50000), 75, 85, 87, 88, 90, 96, 99 y 102 (Apéndice B). Goossens (1969, 1972) menciona varias ocurrencias de cobre, plomo y zinc en la Cordillera Real.

4.1.1 Mineralización de Cu, Pb, Zn en sulfuros masivos volcanogénicos

Mina Pilas: Se ubica aproximadamente a 15 km al NNE de Alao (Mapa 1) y comprende un estrato de piritita masiva intercalado entre esquisto de sericitita piritizado y esquisto de clorita piritizado. La piritita es aurífera (ver sección de Mineralización Primaria de Oro) y, aunque no se registran valores de metales base en los análisis, se considera que la mineralización es un sulfuro masivo volcanogénico (VMS). Los depósitos de VMS pueden albergar cantidades significativas de cobre, plomo y zinc (e.g. ver el prospecto Guarumales más abajo; Hutchinson, 1980; Franklin et al., 1981); por lo tanto, la mineralización de Mina Pilas podría indicar el potencial de mineralización de metales base tipo VMS en otros lugares de las litologías de la subdivisión Alao-Paute y El Pan.

Guarumales: Dentro de los esquistos de mica negros, grises y verdes de las litologías de la subdivisión Upano (división Salado), en la margen este del Río Paute, inmediatamente aguas abajo del puente de Guarumales, se exponen unos 60 metros de esquistos fuertemente mineralizados y sulfuros polimetálicos masivos como roca fuertemente teñida de óxido de hierro marrón en un corte de carretera (Mapa 4b; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4). La roca mineralizada está dominada por esquistos de mica blanca y verde con piritita diseminada de grano fino a medio. Existen estratos de sulfuro masivo dentro de los esquistos. Los estratos de sulfuro varían desde una capa de un metro de espesor de piritita masiva hasta capas más estrechas (aprox. 10 cm de espesor) de sulfuros polimetálicos de grano más fino, granulares, estratificados y plegados, es decir: piritita, calcopiritita, galena y otros sulfuros. Se observó tinción verde de malaquita y se notó un lente (*pod*) rico en cuarzo y mica con calcopiritita gruesa, esfalerita y otros sulfuros.

Los valores de los análisis para las muestras de esta ubicación alcanzan hasta 1.32% de Cu, 7.97% de Pb y 12.62% de Zn, junto con valores altos o anómalos de Au, Ag, As, Sb, Bi, Cd, Ba, Mo, W y Sn (Apéndice D; ver las secciones correspondientes para los valores). Esto está relacionado con una mineralización de sulfuros masivos volcanogénicos polimetálicos (Hutchinson, 1980; Franklin et al., 1981).

4.1.2 Mineralización de Cu, Pb, Zn epitermal alojada en volcánicos

Cerro Minas-Malacatus: Wolf (1892) reporta la presencia de galena, plata, zinc y fluorita en Cerro de Santa Cruz (Cerro Minas), Malacatus. En Cerro Minas, cerca de Malacatus (Mapa 2d), los valores de plata y oro están asociados con sulfuros de zinc y cobre en una brecha intrusiva epitermal relacionada con diques traquíticos que contienen fluorita (Jemielita, 1991b; Apéndice F2).

Principal: Una muestra de roca volcánica (dacita) mineralizada del área de Principal indicó 424 ppm de Cu (Mapa 4a).

Pilzhum: La mina de plata Pilzhum, al noreste de Azogues, contiene valores de cobre, plomo y zinc (ver sección de Plata).

Osogochi-Atillo: Volcánicos de pórfido dacítico del Terciario joven en el área de Cerro Soroche (Osogochi)-Atillo (Mapa 5b; Jemielita y Bolaños, 1991b; Apéndice F5) sobreyacen a las litologías del basamento de las subdivisiones Maguazo y Alao-Paute (división Alao), y presentan valores de hasta 2730 ppm de Cu en algunos lugares (Apéndice D). La mineralización de sulfuros (pirita) y la alteración hidrotermal están extendidas, pero los valores altos de Cu son esporádicos.

Chinapintza: En el área minera de Chinapintza, al sureste de Ecuador (Figura 6), una serie de vetas de cuarzo epitermales polimetálicas (con contenido de Cu-Pb-Zn y de menos de 0.5 m de ancho) están hospedadas en granodiorita de grano grueso, tobas y pórfidos de feldespato. Se han obtenido valores de hasta 0.04% de Cu, 0.11% de Pb y 5.27% de Zn, asociados con abundante Au y Ag, a partir de muestras de mano; además, se han identificado petrográficamente esfalerita, galena argentífera, pirita, pirrotina y calcopirita (Clarke, 1989). El prospecto cercano de Viche (o Biche) comprende diatremas mineralizadas con sulfuros y chimeneas de brecha intrusiva que cortan tobas dacíticas-riolíticas y flujos de lava ricos en sulfuros (pirita y esfalerita), silicificados y con vetas de cuarzo. Las muestras mineralizadas contienen valores anómalos de cobre, plomo, zinc, plata y oro (Gemuts et al., 1992).

4.1.3 Mineralización de Cu, Pb, Zn relacionada con pórfidos

Río Isimanchi: Se registraron valores de 3626 ppm de Cu, 1318 ppm de Pb y 10457 ppm de Zn (Apéndice D) en un dique de brecha con matriz de feldespato-fírico cementado por pirita en el área del alto Río Isimanchi (Mapa 2a; Jemielita 1991b; Apéndice F2). El dique corta la granodiorita del batolito de Portachuela, que a su vez intruye las litologías de la división Loja. Previamente se habían registrado valores de hasta 2873 ppm de Cu, 1086 ppm de Pb y 915 ppm de Zn (Litherland et al., 1990) en muestras de una zona de cizalla con presencia de sulfuros asociada con pórfidos jóvenes que cortan el batolito Neógeno de Portachuela.

Los Juanes: Wolf (1892) reporta mineralización de cobre de tipo pórfido en San Miguel, cerca de Los Juanes, al sur de Catamayo, en las proximidades de la falla Las Aradas (Figura 7).

Fierro Urcu: Es un prospecto de cobre-molibdeno y metales preciosos (en veta) relacionado con pórfidos, ubicado a 14 km al SW de Saraguro, en el flanco occidental de la Cordillera Real (hoja geológica de Loja 56; Apéndice B). Las galerías abandonadas en el área siguen vetas polimetálicas que fueron explotadas en la época colonial para la obtención de oro y plata. Las rocas de caja son litologías volcánicas y volcanoclásticas de composición andesítica a riolítica del Terciario (¿Oligoceno?), intruidas por diques y stocks de granodiorita, y posiblemente subyacidas por litologías de la subdivisión Alao-Paute. Las vetas comprenden cuarzo lechoso con turmalina, pirita, calcopirita, molibdenita y trazas de enargita, estibina y otros sulfuros; tienen valores de hasta 3% de Cu, con trazas de plomo y zinc. Valores de hasta Cu (305 ppm), Zn (1570 ppm) y Pb (175 ppm) ocurren dentro de dos zonas geoquímicamente anómalas en el área, y se ha realizado una estimación de 53.5 millones de toneladas de roca mineralizada con un contenido de 0.2% de Cu basada en perforaciones (valor máximo de Cu 0.315%), probablemente en una mineralización diseminada de tipo pórfido (INEMIN-Misión Belga, 1988).

Uritohuaser: Aproximadamente 22 km al sur de Fierro Urcu, en Uritohuaser (Figura 7), un prospecto de plomo-zinc alojado en una falla, cercano al contacto entre una intrusión de granodiorita y rocas volcánicas andesíticas, indicó valores de hasta 25% combinado de plomo y zinc (33 g/t de Ag). La mineralización se presenta como vetas de cuarzo asociadas con galena diseminada, esfalerita, pirita y calcopirita (INEMIN-Misión Belga, 1988; hoja geológica de Loja 56; Apéndice B).

Sigsig-Mina Peggy: Mina Peggy se ubica a unos 5 km al SSE del pueblo de Sigsig, a una altitud de 2400 a 2800 metros (Mapas 2h, 4a). El área se extiende sobre la falla de Baños, en el margen del batolito de granito Tres Lagunas. El área ha sido descrita por diversas organizaciones e individuos (INEMIN-Misión Belga, 1988; Clarke, 1989; Litherland et al., 1990; Jemielita, 1991a, b; Apéndices F1 y F2). Históricamente existió minería de oro aluvial en las cercanías de Mina Peggy y actualmente hay operaciones en el cercano Río Santa Bárbara (ver sección de Depósitos de Oro Aluvial).

Las rocas de caja comprenden granito de biotita megacrístico fuertemente deformado/milonitizado, esquisto de cuarzo-sericita y milonita de la subdivisión Tres Lagunas (división Loja; Litherland et al., 1990). La estructura dominante en las rocas de caja es una foliación con tendencia N50° a 70°E. La deformación se atribuye al cizallamiento asociado con la falla de Baños.

Un conjunto de diques y stocks de pórfido de cuarzo-feldespato (¿riolita?) jóvenes y no deformados intruyen las litologías más antiguas y cortan su estructura esquistosa penetrante. La mineralización comprende un dique de guijarros (*pebble dyke*) polimetálico, mesotermal, relacionado con pórfidos (riolita), junto con una chimenea de brecha intrusiva (300 a 400 metros de longitud/diámetro), así como diques de brecha y vetas. La veta Peggy, o “pebble dyke”, tiene unos 10 metros de espesor y una tendencia N45°W con buzamiento al SW a 80°. Se observó una exposición de 35 metros de ancho de la chimenea de brecha intrusiva en un corte de carretera a 1.5 km al norte de la mina Peggy. La brecha está dominada por fragmentos de la roca de caja (esquisto) y presenta manchas verdes de malaquita en algunos puntos. El desarrollo minero incluye galerías en la veta Peggy (*pebble dyke*), así como varios socavones y pozos de prospección en el área. Las labores más extensas se encuentran dentro de la gran chimenea de brecha. Los restos de una planta de procesamiento de mineral se encuentran cerca de la mina.

La mineralización es compleja, con los siguientes minerales de mena reportados: calcopirita, pirrotina, arsenopirita, pirita, marcasita, estannita, casiterita, esfalerita, bismuto nativo, bismutinita, wolframita y galena. Los valores reportados para la mena de Mina Peggy son: 7.36% de cobre, 170 ppm de plata y 0.6 ppm de oro. Los minerales de ganga incluyen cuarzo, turmalina y carbonatos. La alteración hidrotermal está dominada por una argilización de media a fuerte, con algo de silicificación y turmalinización. La mineralización hospedada en brechas también ha sido descrita (Clarke, 1989) y contiene pirita, arsenopirita, esfalerita, galena, marcasita, calcopirita, pirrotina, estannita, tetraedrita y cuarzo.

Los valores de los análisis para las muestras mineralizadas de Mina Peggy y sus alrededores alcanzan hasta Au 2660 ppm, Ag >50 ppm, As >2000 ppm, Sb 244 ppm, Bi >2000 ppm, Te 40 ppm, Cu >20000 ppm, Pb >10000 ppm, Zn >20000 ppm, Cd 1269 ppm, Ba 437 ppm, Mo 118 ppm, W 1242 ppm y Sn 1242 ppm (Apéndice D).

La mineralización en Mina Peggy es compleja, polimetálica, de tipo veta/stockwork y brecha mineralizada, probablemente relacionada con las intrusiones porfídicas jóvenes que afloran en el área. El potencial mineral se considera bueno, particularmente con respecto a mineralización oculta de tipo veta-stockwork, hospedada en brechas y de estilo pórfido.

Ayllón-Santa Bárbara: Al este de Mina Peggy, cerca de la confluencia de los ríos Ayllón y Santa Bárbara (Mapa 4a), vetas de cuarzo polimetálicas, posiblemente relacionadas con la mineralización de Mina Peggy, contienen hasta 2113 ppm de Cu, 17200 ppm de Pb y 30700 ppm de Zn. Estos análisis están asociados con valores de Au a veces espectaculares (hasta 635 ppm; Clarke, 1989), así como Ag 246 ppm, As 22030 ppm, Sb 4900 ppm, Bi 29 ppm y Cd 120 ppm (Apéndice D). Estas vetas pueden ser una manifestación periférica de la mineralización en Mina Peggy.

Hito: El prospecto de pórfido de cobre Hito se ubica a 5 km al sur de Chinapintza (Figura 6) y comprende granito porfídico de grano grueso, diorita de cuarzo y granodiorita, intruidos por pórfidos de cuarzo-feldespató y de hornblenda-piroxeno. La alteración comprende un halo propilitico externo con un núcleo de sericita-pirita interno, y las muestras que contienen calcopirita y cuarzo alcanzan hasta un 1.8% de cobre. La mayoría de las otras zonas de stockwork tienen entre 0.1 y 0.5% de Cu, y no existe enriquecimiento supergénico (Gemuts, 1992).

4.1.4 Mineralización de Cu, Pb, Zn en skarn

Nambija: En el distrito de Nambija (Figura 6), en la mina Campanillas, bloques gruesos de calcopirita y pirita caracterizan la “zona de cobre” que fue descubierta recientemente durante la exploración (Andrew Rogers, geólogo de mina, com. pers., 1991). También se presenta malaquita en exposiciones oxidadas y gossanizadas, pero éstas no están muy extendidas.

Campos de skarn septentrionales: Según se informa, la mineralización de Cu-Pb-Zn está ampliamente distribuida en los campos de skarn del norte en la Cordillera Real (Litherland et al., 1990). En El Placer se obtuvieron valores de hasta 1347 ppm de Cu a partir de una turmalinita; también se registraron 278 ppm de Pb y 4279 ppm de Zn. Se registraron hasta 578 ppm de Zn en el campo de skarn de Urcucocha y hasta 591 ppm en el campo de skarn de Sara Urcu.

4.1.5 Mineralización de Cu, Pb, Zn relacionada con intrusiones de granodiorita

San Lucas: Según se informa, las anomalías geoquímicas de Pb y Zn están relacionadas con el plutón San Lucas del Paleógeno, al norte de Loja (Litherland et al., 1990).

Río Ishpingo: Se registraron 2346 ppm de Cu en una muestra de granodiorita de biotita piritizada y alterada hidrotermalmente del área del Río Ishpingo (Mapa 4a).

Quebrada Quishpe-Alao: En el valle del Río Alao y, hacia el norte, se presentan calcopirita y malaquita en vetas auríferas que cortan un plutón de granodiorita de biotita del Terciario en el área de la quebrada Quishpe (Mapa 1; Jemielita, 1991a; Apéndice F1). Estas últimas ocurrencias se consideran mineralización de vetas hidrotermales controladas por fracturas.

4.1.6 Mineralización de Cu, Pb, Zn miscelánea

Chigüinda: Las rocas expuestas en afloramientos y cortes de carretera en la vía Sigsig-Chigüinda, entre el puente del Río Blanco y el pueblo de Chigüinda (Mapa 3a; Jemielita, 1991c; Apéndice F3), comprenden esquistos de mica mineralizados y alterados de forma variable, caracterizados por una fuerte coloración marrón-amarillenta. El área mineralizada está expuesta a lo largo de aproximadamente 2 km de la carretera. Las rocas de caja comprenden esquistos de mica grises a negros, de grano fino, fuertemente foliados/cizallados (subdivisión Chigüinda). La foliación tiene una tendencia norte-noreste (N36°E, N34°E) y buzamientos variables, desde fuertes hasta verticales. La alteración hidrotermal es ubicua y mayormente visible como una tinción de óxido de hierro marrón-amarillenta. Son comunes los esquistos de sericita y los esquistos ricos en cuarzo granulares (de textura sacaroidal).

La mineralización comprende recubrimientos de fracturas y vetas de cuarzo con sulfuros. Los minerales de sulfuro incluyen pirita, calcopirita, galena, esfalerita y molibdenita. Las texturas del cuarzo de veta son generalmente vuggy (drusiformes/cavernosas), lo que indica condiciones epitermales-mesotermiales, aunque también se presenta cuarzo de veta masivo de color blanco lechoso. La pirita también está comúnmente diseminada en los esquistos alterados.

Los valores para las muestras mineralizadas del área alcanzan hasta Cu 224 ppm, Pb 2030 ppm, Zn 216 ppm; estos valores están asociados con anomalías de Au 1082 ppm, As 20 ppm, Sb 41 ppm, Bi 49 ppm, Ba 152 ppm y Mo 4396 ppm (Apéndice D).

La fuerte foliación dentro de los esquistos de mica alterados y no alterados sugiere que estas rocas han sido deformadas en una zona de cizalla, pero la mineralización tiene características típicas de sistemas porfídicos epitermales-mesotermiales. Viteri y Aspden (1989) señalaron la presencia de intrusiones porfídicas jóvenes en el área y la mineralización podría estar relacionada con éstas. Sin embargo, no se observaron intrusiones porfídicas a lo largo de la exposición del corte de carretera.

Se registraron 7189 ppm de Cu en un bloque rodado mineralizado de roca volcánica félsica del Terciario en el Río Tintas, cerca de Principal (Litherland et al., 1990).

Amaluza (Río Paute): Anomalías en sedimentos fluviales de hasta 2300 ppm de Zn ocurren como un clúster a lo largo del Río Paute cerca del plutón de granodiorita Amaluza del Paleógeno, cerca de la falla de Baños (Litherland et al., 1990; Apéndice E). Estas anomalías pueden corresponder a las anomalías de Zn-Pb-Mo observadas en la hoja geológica de Cañar No. 72 (Apéndice B).

Cerro Hermoso-Llanganates: El Cerro Hermoso contiene únicamente unas pocas vetas pequeñas de Cu-Zn en la secuencia de carbonatos (Litherland et al., 1990).

Litologías de la división Alao: Dentro de las litologías de las subdivisiones Peltetec y Maguazo (división Alao), se reportan pequeñas ocurrencias de cobre en serpentinitas, y como vetas de Cu-Zn en las turbiditas adyacentes de Maguazo (Litherland et al., 1990), así como una anomalía de Zn en el área de Patate. Mineralización fuerte de malaquita y sulfuros de cobre asociados ocurren en sedimentos turbidíticos cizallados de la subdivisión Maguazo, en la quebrada Huarguallá (Mapa 1). Esta mineralización puede ser de naturaleza singenética. Dentro de las subdivisiones Alao-Paute y El Pan (división Alao), las rocas verdes y esquistos verdes albergan vetas polimetálicas cerca del pueblo de Alao (Mina Cruzacta, Mina Curiayana; Mapa 1; Jemielita, 1991a; Apéndice F1). Estas ocurrencias están expuestas en pequeños socavones de exploración de antigüedad desconocida, pero la mineralización no es significativa y no se indica una producción extensa.

Agua Santa: Una pequeña galería de exploración (Mina Agua Santa) expone una veta que contiene una fuerte mineralización de pirita-calcopirita-bornita en el valle del Río Alao (Mapa 1; Jemielita, 1991a; Apéndice F1).

Condorazo: La legendaria mina Condorazo (Navarro, 1986) se localiza al norte de la cuenca hidrográfica del Río Alao-Río Palora (Mapa 1; Jemielita, 1991a; Apéndice F 1).

La veta es algo discontinua pero puede rastrearse a lo largo del rumbo por más de 200 metros. La tendencia de la veta es aproximadamente N170°E con un buzamiento de 74°W. Las paredes de la veta son de granito fuertemente cizallado con una fábrica paralela a la veta, pero, a una escala mayor, la veta es discordante con respecto a la fábrica regional.

La mineralización está dominada por una veta gruesa (de hasta 2 metros de ancho) de cuarzo blanco lechoso que aflora como una cresta prominente. Masas irregulares y grandes de pirrotina oxidada ocurren esporádicamente en la veta, y hay presencia de inclusiones de roca de caja de granito granular. A veces ocurre material de veta de carbonato grueso con meteorización amarillenta. Las muestras de desechos mineralizados en las cercanías de la galería superior son de composición variable e incluyen granito alterado de color marrón con pirita diseminada; granito blanco granular con galena diseminada; y pirita con pirrotina masiva y pirita. Los desechos de la roca de caja de la galería norte comprenden esquistos y granito alterados, este último con micro-vetillas de dolomita/ankerita de color naranja meteorizado.

La mineralización es mesotermal, de tipo veta polimetálica, relacionada con estructuras frágiles/dúctiles.

Litherland et al. (1990) reportan vetas pequeñas y concordantes que contienen Pb-Zn-Cu en el granito cizallado de Tres Lagunas en la cuenca del Río Alao-Río Palora al sur de Condorazo.

Río Quijos: En el Río Quijos, por encima de la confluencia con el Río Papallacta, hay bloques de material de veta de cuarzo-calcita en esquistos grafiticos con valores de hasta 7593 ppm de Zn (Litherland et al., 1990).

División Salado: Trazas de Cu (cobre) y, en menor medida, Pb y Zn, son comunes en las litologías de la división Salado, especialmente en rocas miloníticas (e.g. Río Cofanes; Litherland et al., 1990), y en rocas verdes fuertemente epidotizadas y milonitizadas (e.g. Río Santa María-Oyacachi, Mapa 6a; Jemielita y Bolaños, 1992a; Apéndice F6). En los metasedimentos de la subdivisión Upano a lo largo del Río Upano, se encuentra una mineralización débil de Cu en cuatro localidades de grauvacas (Litherland et al., 1990).

Río Chingual-Río Cofanes: En el extremo norte del país, se registró un 4% de Zn en una muestra mineralizada en la Quebrada La Industria, un afluente del Río Chingual (Mapa 7d). La roca es un hornfels “chertoso” de granate bandeado, de grano fino, de afinidad volcano-sedimentaria. Según Litherland et al. (1990), este horizonte puede rastrearse al oeste de Rosa Florida, pero también existen bloques rodados mineralizados más al oeste, en los afluentes del Río Cofanes. Aunque se agrupa con la división Zamora, esta unidad es transicional con la división Salado.

Otras localidades: Litherland et al. (1990) reportan trazas de Pb y Zn cerca de Pimampiro en el norte de Ecuador, así como indicios de Zn en Oyacachi (Arguello y Lamina, 1989), y vetas que contienen Zn-Cu cerca del túnel de Agoyán (al este de Baños). Esta última zona se caracteriza por una fuerte tinción marrón de óxido de hierro en los esquistos de la roca de caja y, unos cientos de metros río abajo en la margen sur del Río Pastaza, los acantilados están marcados por una zona subvertical de alteración amarillo-blanca. Esta ubicación es muy inaccesible y no fue muestreada.

División Zamora: Según Litherland et al. (1990), las ocurrencias de Cu, Pb y Zn están asociadas con litologías de subdivisiones ígneas, volcánicas y sedimentarias de la división Zamora.

Existen fuertes anomalías geoquímicas fluviales de Cu-Pb-Zn (-Co) y una muestra mineral de Zn probablemente relacionada con el batolito de Zamora y las rocas volcánicas de la subdivisión Misahuallí en las áreas del Río Cuyes y el Río Yacuambí.

Más al sur, los indicios de Cu-Pb-Zn están relacionados con las tres subdivisiones de Zamora, y se observó galena en mármoles cercanos a rocas volcánicas de la subdivisión Isimanchi, cerca de Valladolid.

4.2 Cadmio

Se han obtenido valores de hasta 730 ppm de cadmio en sulfuros masivos volcanogénicos polimetálicos y horizontes de esquistos mineralizados asociados en Guarumales, en el Río Paute (Mapa 4b; ver sección de Cu, Pb, Zn).

También se han obtenido valores muy altos de cadmio, de hasta 2269 ppm, en muestras de roca mineralizada de la Mina Peggy cerca de Sigsig (Apéndice D; ver sección de Cu, Pb, Zn). Previamente se han reportado valores altos similares (Litherland et al., 1990).

5. METALOIDES Y MERCURIO

5.1 Arsénico

Las muestras del prospecto de sulfuro masivo volcanogénico de Guarumales (Río Paute) tienen valores de As (arsénico) que superan las 2000 ppm (Apéndice D), junto con valores altos de metales preciosos, metales base y bario (ver sección de Cu, Pb, Zn).

Wolf (1892) reportó la ocurrencia de arsénico en forma de sulfosales en el área de la mina de plata epitermal de Pilzhum.

Se obtuvo un valor de 1143 ppm de As a partir de una muestra de brecha intrusiva de dacita piritizada, de grano grueso y clasto soportada, asociada con otras brechas intrusivas y un tapón de pórfido dacítico epizonal en Lomo del Oro, cerca de Saraguro (Mapa 2f; Apéndice D).

La arsenopirita masiva y cristalina es común en muestras mineralizadas de la Mina Peggy, cerca de Sigsig (Mapa 4a; Jemielita, 1991b; Apéndice F2), y los valores frecuentemente superan las 2000 ppm (Apéndice D; Clarke, 1989). El arsénico está asociado con metales preciosos, metales base y otros metales raros; se considera que la mineralización está relacionada con pórfidos (riolita), de tipo veta/brecha mesotermal (ver sección de Cu, Pb, Zn).

Al este de la Mina Peggy, cerca de la confluencia de los ríos Santa Bárbara y Ayllón, la arsenopirita se presenta en cuarzo de veta masivo asociada con calcopirita, esfalerita y otros sulfuros y sulfosales (Mapa 4a; Clarke, 1989). Las muestras de este material provenientes de una mina abandonada tienen más de 2000 ppm de As y valores altos de oro, plata, metales base y antimonio (Apéndice D). Se observaron bloques erráticos de material de veta mineralizado similar en el Río Santa Bárbara, aguas abajo cerca de la Mina Peggy. Esta mineralización se considera de tipo veta polimetálica mesotermal y probablemente esté relacionada con pórfidos.

Otros valores anómalos de arsénico incluyen 95 ppm de As en una intrusión de riolita piritizada en Cariamanga (hoja topográfica escala 1:50000 de Cariamanga); hasta 70 ppm de As en brechas de riolita estratificadas en Cuchil (Satunsaray) cerca de Sigsig (Mapa 4a); hasta 67 ppm de As en volcánicos de pórfido dacítico piritizados y alterados hidrotermalmente cerca de Osogochi (Mapa 5b); hasta 124 ppm de As en granodiorita piritizada y alterada hidrotermalmente en el área del Río Ishpingo (Mapa 4a); hasta 43 ppm de As en metasedimentos corneanizados, alterados y piritizados alrededor de la granodiorita de Amaluza en el Río Paute (Mapa 4b) y, hasta 423 ppm de As en sedimentos y metasedimentos mineralizados y similarmente corneanizados alrededor de la granodiorita de Sabanilla en el área del Río Abanico-Río Upano, cerca de Macas (Mapa 5a).

Estos últimos valores anómalos de As están asociados con intrusiones y volcánicos de pórfido dacítico-riolítico alterados hidrotermalmente y mineralizados, y con intrusiones de granodiorita de biotita-hornblenda granular y sus aureolas de contacto (corneanas). Se cree que las granodioritas forman parte de una suite comagmática del Terciario.

5.2 Antimonio

La mineralización de antimonio ocurre principalmente con metales preciosos, metales base y otros metales asociados con depósitos relacionados con pórfidos, mesotermales, epitermales alojados en rocas volcánicas y mineralización de sulfuros masivos volcanogénicos. Las ocurrencias de valores altos y anómalos para el antimonio generalmente se correlacionan con valores similares de arsénico.

Muestras del prospecto de sulfuros masivos volcanogénicos de Guarumales (Río Paute) tienen hasta 1228 ppm de Sb (antimonio) (ver sección de Cu, Pb, Zn).

Wolf (1892) y Goossens (1972) reportaron la ocurrencia de antimonio en forma de sulfosales en el área de la mina de plata epitermal de Pilzhum.

Se reportan los minerales de antimonio boulangerita, polibasita y freieslebenita en la mina de plata San Bartolomé (UNDP, 1972a).

Se encontraron valores de Sb de hasta 207 ppm en rocas mineralizadas del área de la Mina Peggy, y 244 ppm de Sb en muestras de la cercana quebrada Reote (Mapas 2h, 4a; ver sección de Cu, Pb, Zn).

Los valores más altos de Sb encontrados (>2000 ppm) corresponden a muestras de vetas de cuarzo-arsenopirita (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb) de una mina abandonada cerca de la confluencia del Río Santa Bárbara y el Río Ayllón (Mapa 4a). Se han registrado valores de hasta 0.49 % de Sb en muestras de esta localidad, identificándose boulangerita ($\text{Pb}_5\text{Sb}_4\text{S}_{11}$) y bournonita (PbCuSbS_3) en las muestras (Clarke, 1989).

Otras anomalías de Sb incluyen: Hasta 28 ppm en muestras del complejo de brecha intrusiva y *plug* de pórfido dacítico de Lomo del Oro cerca de Saraguro (Mapa 2f); de 9 a 14 ppm de Sb en rocas volcánicas de pórfido dacítico piritizadas y alteradas hidrotermalmente en las áreas de Osogochi-Atillo (Mapa 5b); y hasta 17 ppm de Sb en granodioritas alteradas hidrotermalmente y mineralizadas y/o en sus rocas de caja metasedimentarias corneanizadas en los plutones de Río Ishpingo (Mapa 4a), Amaluza (Río Paute; Mapa 4b) y Sabanilla (Río Abanico-Río Upano; Mapa 5a).

Litherland et al. (1990) describen hasta 402 ppm de Sb en una zona mineralizada en Laguna Cox, donde diques félsicos cortan litologías del batolito de Portachuela. También reportan dos picos de “traza” de Sb mediante XRF (ver Apéndice E), a partir de muestras de sedimentos fluviales de minerales pesados de una región mineralizada en las cabeceras del Río Cuyes.

5.3 Bismuto

Se observó bismuto en tetraedrita de la mina de plata epitermal de Pilzhum, cerca de Azogues (Putzer y Schneider, 1958).

Se obtuvieron valores de bismuto que superan las 2000 ppm en muestras mineralizadas de la Mina Peggy (Apéndice D; ver sección de Cu, Pb, Zn). Litherland et al. (1990) reportaron previamente valores altos similares de hasta 5800 ppm en la misma localidad. Se reporta bismuto nativo y bismutinita en la Mina Peggy (de Coster, 1986).

Los valores de bismuto son generalmente bajos o indetectables en otras muestras analizadas de la Cordillera Real, con las siguientes excepciones:

Hasta 56 ppm de Bi (bismuto) en muestras del prospecto de sulfuros masivos volcanogénicos de Guarumales (Río Paute; Mapa 4b; ver sección de Cu, Pb, Zn); 49 ppm en un esquisto piritizado cerca de Chigüinda, al este de Cuenca (Mapa 3a); 29 ppm en una muestra de veta polimetálica rica en oro del Río Ayllón (Mapa 4a; ver sección de Mineralización Primaria de Oro); 26 ppm en una muestra del Río Isimanchi (Mapa 2a; ocurrencias del batolito de Portachuela reportadas previamente en esta área por Litherland et al., 1990); 14 ppm en una muestra no especificada de los campos de skarn del norte (Litherland et al., 1990), e identificación tentativa de bismuto y bismutinita en muestras de concentrados de minerales pesados del Río Mulatos (op. cit.). También se reportó telururo de bismuto en concentrados de batea de minerales pesados aluviales auríferos en la quebrada Quishpe, al este de Riobamba (Alex Hirtz, com. pers., 1991; Mapa 1; Jemielita, 1991a; Apéndice F1). Este río drena una intrusión de granodiorita del Terciario que alberga mineralización de vetas polimetálicas (ver sección de Cu, Pb, Zn).

Con la excepción, tal vez, de la Mina Peggy, ninguna de estas ocurrencias de bismuto puede considerarse de interés comercial.

5.4 Mercurio

Ribadeneira (1960) reporta mineralización de mercurio en el Cerro Huaizhun, cerca de la ciudad de Azogues (Azogue es una palabra española que significa mercurio), al norte de Cuenca. Esta ubicación fue, aparentemente, explotada por mercurio (Chacón, 1986), y probablemente comprende una mineralización epitermal alojada en rocas volcánicas. Esta mineralización también se muestra en la hoja del mapa geológico de Azogues 73NW (Ecuador, escala 1:50000; Apéndice B), y es mencionada por Goossens (1972). El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo también realizó estudios en el área (UNDP, 1972a).

6. METALES DE LA ASOCIACIÓN INTRUSIVA MÁFICA/ULTRAMÁFICA

6.1 Metales del Grupo del Platino (MGP)

Entre 1900 y 1920, se mantuvieron concesiones de oro y platino aluvial en el área de Río Pindilig-Río Cochicorral, al este de Azogues (Navarro 1986, Vol 3. Apéndice). Estos ríos drenan hacia el este a través de la intrusión máfica-ultramáfica estratificada de Tampanchi (Pozo, 1990), la cual fue descubierta en 1987 por el proyecto Cordillera Real e interpretada como una chimenea intrusiva de tipo Alaska (Litherland et al., 1990; Irvine, 1974; Naldrett, 1981). La presencia de diferenciación mineralógica y texturas de cúmulo dentro de la intrusión, junto con su composición, sugiere una fuente probable para el platino aluvial y, posiblemente, para el oro. Prospecciones comerciales posteriores han confirmado esta probabilidad (Overseas Platinum Corp., 1988). Se han reportado valores de hasta 1908 (¿o 1980?) ppb de Pt (platino) y 2568 ppb de Pd (paladio) en concentrados de batea de sedimentos fluviales; 205 ppb de Pt y 260 ppb de Pd en suelos; y 195 ppb de Pt con 199 ppb de Pd en roca.

Se conocen otras intrusiones máficas-ultramáficas dentro de la Cordillera Real y se han documentado ocurrencias ofiolíticas (Litherland et al., 1990), pero no se han reconocido otros indicios de mineralización de MGP aluvial o primaria.

También se ha reportado platino en oro refinado fundido a partir de menas provenientes de vetas polimetálicas epitermales relacionadas con pórfidos en Chinapintza, en el sureste de Ecuador (Trevor McLaughlin, com. pers., 1991). Esto puede reflejar las trazas de metales del grupo del platino que se han encontrado en algunos depósitos de oro epitermal y de pórfido de cobre en los EE. UU. y Canadá, respectivamente (Page et al., 1992a, b).

6.2 Cromo

Los valores para el cromo en muestras mineralizadas de la Cordillera Real se encuentran usualmente en niveles bajos o de fondo. Se han reportado algunas ocurrencias de cromo:

Aparentemente, rocas ultramáficas no mineralizadas de la subdivisión Peltetec (ofiolita) tienen hasta 1092 ppm de Cr en los análisis. Esto parece ser un valor normal para rocas ofiolíticas (Litherland et al., 1990).

Se han reportado bloques de cromita en las colinas cercanas al Río Zula y hacia el sur a lo largo del cinturón ofiolítico de Peltetec (A. Hirtz, com. pers. en Litherland et al., 1990), y una pequeña veta mineralizada de plomo-zinc cercana a Peltetec dio 1600 ppm de Cr.

Se reporta un valor de Cr en sedimentos fluviales de 651 ppm en una quebrada que drena serpentinitas en Peltetec.

Se reportan anomalías de Cr en el área de Patate-Pastaza, donde probablemente están relacionadas con escamas tectónicas de ofiolita.

Al este de la falla de Baños, se ha identificado cromita petrográficamente en la serpentinita de Soledad. Más al este, un bloque aparentemente no mineralizado de la serpentinita de Urcucocha indicó 4079 ppm de cromo. Un bloque de serpentinita del Río Cofanes dio 2216 ppm de Cr.

Se han identificado granos de cromita en muestras de sedimentos fluviales de minerales pesados tomadas durante el proyecto Cordillera Real (Litherland et al., 1990).

Se ha observado la mica cromífera de color verde, fuchsita, en varias localidades a lo largo de la Cordillera Real. Al oeste de Monte Olivo (Mapa 7a), una serpentinita fuchsítica dio 1410 ppm de Cr. Una dolomita impura con presencia de fuchsita constituye una banda guía en la estratigrafía del nappe Cuyuja en el Río Cosanga.

Se reportan anomalías de Cr de hasta 422 ppm, aparentemente relacionadas con el plutón de San Lucas al sur de Saraguro.

Se detectó un pico de XRF “fuerte” de Cr (Apéndice E) en una muestra de minerales pesados del Río Panguri en el sector de La Canela, cerca de anomalías geoquímicas de vanadio.

Se detectaron picos de XRF de Cr “fuertes” y “moderados” (Apéndice E) en muestras de minerales pesados del complejo máfico-ultramáfico de Tampanchi. Estas rocas muestran clara evidencia de texturas de asentamiento cumuláticas y pueden contener horizontes de cromita.

En las cercanías de la intrusión ultramáfica de Tampanchi (Pozo, 1990), se han registrado los siguientes valores de Cr (Overseas Platinum Corp., 1988): 9842 ppm de Cr (máximo en sedimentos fluviales); 2187 ppm (en roca); y 4863 ppm (en suelo).

6.3 Níquel

La mineralización de níquel se menciona en la hoja geológica No. 87 (escala 1:100000; Apéndice B). El níquel (junto con el cromo y los MGP) está usualmente asociado con intrusiones máficas-ultramáficas. La relativa carencia de rocas de esta composición en la Cordillera Real se refleja en la escasez de valores altos de Ni.

Se obtuvo un valor de 2061 ppm de Ni en la serpentinita de Zumba, y valores de 500 a 2000 ppm de Ni para rocas ultramáficas de la Cordillera Real (Litherland et al., 1990) correlacionan con valores similares para rocas ofiolíticas a nivel mundial (Hutchison, 1983).

Muestras tomadas en las cercanías de la intrusión ultramáfica de Tampanchi (Pozo, 1990) tienen los siguientes valores máximos de Ni (Overseas Platinum Corp., 1988): 642 ppm (en roca) y 1095 ppm (en suelo).

Se obtuvo una anomalía en sedimentos fluviales de 801 ppm de Ni (que corresponde con 651 ppm de Cr) en una quebrada que drena serpentinitas en Peltetec.

Una muestra del skarn de Mulatos contiene un 5% de pirrotina (Litherland et al., 1990), pero no se reportan valores de Ni. Sauer (1965) reportó un 1.5% de Ni en la ofiolita del Río Mulatos (¿Río Paracayacu?), pero esta ocurrencia no ha sido confirmada.

Todos los demás valores para una amplia variedad de muestras de roca mineralizada de la Cordillera Real tienen menos de 198 ppm de Ni (Apéndice D).

La rápida tasa de levantamiento y erosión de la Cordillera Real no permite la formación de suelos tropicales profundos y, junto con la falta general de litologías ultramáficas, significa que el potencial para la existencia de lateritas níquelíferas se considera inexistente.

6.4 Cobalto

Litherland et al. (1990) reportan un valor de 236 ppm de Co en un bloque de skarn del Río Quijos, por encima de su confluencia con el Río Papallacta. Además, reportan anomalías de Co en sedimentos fluviales (ver Apéndice E) en Tutupali y en dos afluentes del Río Cuyes, al oeste de Gualaquiza.

Se obtuvo un valor máximo de 174 ppm de Co en una muestra de roca de la intrusión ultramáfica de Tampanchi (Overseas Platinum Corp., 1988; Pozo, 1990).

6.5 Vanadio

Litherland et al. (1990) reportan los siguientes análisis de vanadio: 334 ppm y 289 ppm de V, que corresponden con valores altos de molibdeno del campo de skarn de Urcuocha; 244 ppm en un granito de granate cerca de Oyacachi; 242 ppm y 300 ppm de V en muestras de roca en la quebrada Cambana; y 296, 316 y 655 ppm de V en sedimentos fluviales (ver Apéndice E) en el área del Río Vergel (parte SE), correspondiendo con valores similares de Fe, Ti, Zn y Cu en sedimentos fluviales.

6.6 Titanio

Se menciona una ocurrencia de mineralización de titanio en la hoja geológica 71 (Ecuador, escala 1:100000; Apéndice B). Litherland et al. (1990) reportan cristales grandes (de hasta 4 cm de largo) de rutilo de color rojo parduzco en gneises pegmatíticos al este de Monte Olivo (Mapa 7a). La ocurrencia está clasificada únicamente como una curiosidad mineralógica.

Valores de 0.40% de Ti y 0.44% de Ti corresponden aparentemente con los valores más altos de Mo-V en muestras del campo de skarn de Urcuocha. Anomalías de Ti en sedimentos fluviales de hasta 1.04% de Ti corresponden con las anomalías de vanadio en el área del Río Vergel.

7. METALES FERROSOS

7.1 Hierro

Se han reportado minerales de hierro en las siguientes hojas geológicas (Ecuador, escala 1:100000; Apéndice B):

Mineral	Hoja geológica
Goetita	86
Magnetita	71
Pirita	57, 72, 75, 85, 90, 96, 99, 100, 101, y 102.
Glauconita	102
Limonita	96

Se han reportado bloques rodados de magnetita en ríos que drenan el batolito de Zamora (Litherland et al., 1990), y dos quebradas en las cercanías del área minera de skarn de oro de Nambija son conocidas como quebrada Fierro y quebrada Hierro, respectivamente (hoja topográfica de Zamora, escala 1:50000; Apéndice A). Fierro y hierro son palabras en español para referirse al metal hierro y al acero. Se han observado pequeños bloques erráticos de magnetita (menores a 20 cm de diámetro) a lo largo del Río Yacuambí, especialmente cerca de la confluencia con la quebrada Cambana. Cantos rodados y bloques de magnetita masiva son comunes en los desechos de minería aluvial en la quebrada aurífera Cambana, ubicada al norte de Nambija. La fuente de la magnetita en el batolito de Zamora es probablemente la mineralización de tipo skarn, que es común en el área.

Según los informes, la magnetita también es común en los campos de skarn del norte de la Cordillera Real, aunque no se han observado bloques de gran tamaño (Litherland et al., 1990). Estos skarns han sido clasificados como de tipo cálcico-magnetita, conocidos en otras partes del mundo por estar asociados con cuerpos mineralizados de magnetita. Se reporta la ocurrencia de vetas de hematita especular al oeste del Cerro Pan de Azúcar (Sr. Alex Hirtz, com. pers., 1991). Las localidades de minerales de hierro en esta vecindad se muestran en el mapa metalogénico de Paladines (1980).

La pirita (FeS_2) ocurre ampliamente en casi todas las litologías de la Cordillera Real. La pirita está particularmente concentrada en los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos de Mina de Pilas y Guarumales (ver secciones de Oro-Mineralización Primaria y Cu, Pb, Zn). En otros lugares, la pirita ocurre usualmente diseminada en rocas volcánicas alteradas y, raramente, como un mineral aluvial (e.g. Principal-Río Shío, Mapa 4^a; Cerro Tintillay-Osogochi, Mapa 5b).

Ninguno de los tipos de mineralización de hierro mencionados anteriormente se considera con potencial económico en la actualidad.

7.2 Manganeso

Se mencionan ocurrencias de mineralización de manganeso en los mapas geológicos N° 55 y 96 (escala 1:100000; Apéndice B). Litherland et al. (1990) informan, mediante una comunicación personal, sobre vetas de manganeso en la región de Peltetec, pero no hay otros detalles disponibles.

Pequeños depósitos cuaternarios de “wad” de manganeso (óxidos de manganeso terrosos) están asociados con manantiales de agua carbonatada en el valle del río Pan, cerca de El Carmelo, en el norte de Ecuador, en la frontera con Colombia (Jemielita y Bolaños, 1992b; Apéndice F7). Estos depósitos se presentan dentro de un área de rocas volcánicas y volcanoclásticas del Cuaternario, pero no tienen importancia económica en la actualidad.

En la mina de oro Campanillas, en el distrito de Nambija, se observaron localmente recubrimientos de fracturas compuestos por óxidos de manganeso negros y polvorientos.

8. METALES GRANÓFILOS

8.1 Molibdeno

La mineralización de molibdeno se menciona en las hojas geológicas N° 39, 56, 72, 73 (escala 1:100000) y 73NW (escala 1:50000; Apéndice B). Se ha identificado molibdenita en ubicaciones muy diversas a lo largo de la Cordillera Real, pero no es abundante. La mineralización de molibdeno ocurre generalmente en forma de molibdenita (MoS_2) y, con menos frecuencia, como el mineral secundario ferrimolibdita ($\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$?).

Fierro Urcu es un prospecto de cobre-molibdeno (relacionado con pórfidos) y metales preciosos (en veta), ubicado 14 km al suroeste de Saraguro, en el flanco occidental de la Cordillera Real (ver sección Cu, Zn, Pb; hoja geológica Loja 56; Apéndice B). Se han reportado valores anómalos de Mo de hasta 45 ppm en el área, y hay molibdenita en una veta de cuarzo (Veta Ancha) asociada con otros sulfuros y sulfosales (INEMIN-Misión Belga, 1988).

Se reportan trazas de molibdenita en Uritohuaser, 22 km al sur de Fierro Urcu, asociadas con un prospecto de plomo-zinc alojado en una falla (INEMIN-Misión Belga, 1988). Existe una anomalía fluvial de Mo (Cu) a pocos kilómetros al noroeste de esta ubicación (hoja geológica Loja 56; Apéndice B).

Litherland et al. (1990) reportan molibdenita fina y diseminada, con cristales de pirita más grandes (de hasta 1 cm) expuestos en un ancho de dos a diez metros dentro de un skarn de epidota verde, masivo, con una foliación de fractura subhorizontal. La roca mineralizada se presenta desde la cresta de la cima del campo de skarn Urcucocha hacia el este, hasta la Laguna Urcucocha. Los granos laminares de molibdenita están asociados con vetillas capilares de carbonato (¿alteración retrógrada del skarn?), y los análisis oscilan entre 0.3% y 0.5% de Mo. Una muestra del campo de skarn Sara Urcu indicó 556 ppm de Mo, y se registraron 113 ppm de Mo en el campo de skarn El Placer.

A unos 3 km al este del pueblo de Monte Olivo, un afloramiento en un río (San Miguel; Mapa 7a) con fuertes tinciones de óxido de hierro de color pardo-amarillento está relacionado con una veta de cuarzo masiva, deformada y discordante que contiene abundante pirita y, con menos frecuencia, granos de molibdenita con su producto de alteración amarillo polvoriento característico, la ferrimolibdita. La veta tiene decenas de centímetros de espesor y está parcialmente gossanizada. Una posible extensión de la veta aflora en el lado opuesto (Oeste) del río. Una muestra de la veta presentó 964 ppm de Mo. Los bloques de río en el Río San Miguel, inmediatamente al sur de Monte Olivo, incluyen pegmatita de cuarzo-feldespato con molibdenita (y calcopirita), y una roca de feldespato granular con ampollas gruesas de pirita y molibdenita. La mineralización de Mo-Cu ha sido observada previamente en un bloque rodado de cuarzo en esta ubicación (INEMIN-Misión Belga, 1988).

Se observaron láminas de molibdenita en vetas de cuarzo que cortan la zona de contacto máfica (pegmatita de gabro) del batolito de Chingual, a lo largo de la antigua carretera a La Bonita (Litherland et al., 1990).

Ribadeneira (1960) reporta molibdenita en pegmatitas cerca de la hacienda Ilade, Río Anzu.

Hojuelas de molibdenita (y ferrimolibdita amarilla) se presentan en cuarzo de veta blanco y masivo que corta esquistos micáceos fuertemente alterados en una localidad dentro de una zona alterada y mineralizada de aproximadamente 2 km de ancho cerca de Chigüinda (Mapa 3a; Jemielita, 1991c; Apéndice F3). Se obtuvo un valor de 4396 ppm para una muestra (Apéndice D).

Una zona similarmente alterada y mineralizada en esquistos micáceos a lo largo de la carretera a San Antonio (SE de Yangana; Mapa 2c) contiene vetas de cuarzo drusiforme (“vuggy”) y, en una localidad, molibdenita y ferrimolibdita recubriendo superficies de fractura. Se registró un valor de 63 ppm de Mo (Apéndice D). En el cercano Río Chiriguana (Yangana), se obtuvo un valor de 107 ppm de Mo a partir de una muestra de esquisto teñido con óxido de hierro con cuarzo de veta grueso y drusiforme y pirita (Apéndice D).

Otras ubicaciones que tienen valores de Mo incluyen hasta 76 ppm de Mo del prospecto de VMS Guarumales (Mapa 4b); hasta 90 ppm de Mo de la granodiorita Ishpingo alterada y con mineralización de sulfuros (Mapa 4a); hasta 118 ppm de Mo para muestras mineralizadas del área de Mina Peggy (Mapa 4a); hasta 56 ppm de Mo de volcánicas de pórfido dacítico alteradas y piritizadas en las áreas de Cerro Pucurcu Grande-Atillo (Mapa 5b); 38 ppm de Mo de la brecha mineralizada de Cerro Puglla (Mapa 2f); y hasta 30 ppm de Mo de la brecha de pórfido mineralizada de Gima (Cerro Colorado) (Mapa 3a). Se han registrado valores de hasta 13 ppm de Mo en otras áreas (Apéndice D).

Se observa un grupo de anomalías geoquímicas de Mo en sedimentos fluviales en la hoja geológica de Cañar (No. 72; Apéndice B), coincidentes con anomalías de Zn-Pb al este y oeste del Río Paute, cerca de la intrusión granodiorítica de Amaluza (Mapa 4b; Litherland et al., 1990).

Litherland et al. (1990) reportan análisis de XRF de minerales pesados (ver Apéndice E) que muestran un grupo de picos de Mo “débiles” de muestras de arroyos que drenan hacia el norte en el Río Isimanchi, cerca de la frontera peruana. Estos probablemente se relacionan con mineralización en fases felsíticas de nivel alto dentro del batolito de Portachuela. Se ha obtenido un valor de 11 ppm de Mo para un bloque rodado de serpentinita o skarn piritizado, silicificado y epidotizado de esta área (Apéndice D).

Otro pico de Mo ocurre en el Río Salado Chico, que drena una granodiorita de fase Azafrán al oeste de Macas (Mapa 5a; Litherland et al., 1990).

Los depósitos de molibdeno de clase mundial (tipo Climax) están asociados con granitos de tipo anorogénico (A) emplazados en entornos cratónicos de rift (White et al., 1991). No se conocen intrusiones de esta composición en Ecuador, y el entorno tectónico adecuado para su generación es inexistente.

8.2 Tungsteno (Wolframio)

La mineralización de tungsteno se menciona en las hojas geológicas (escala 1:100000) N° 55, 58 y 75 (Apéndice B).

El tungsteno se presenta en muestras mineralizadas de la Mina Peggy, con valores de hasta 5979 ppm de W (Apéndice D). En estas muestras se ha identificado wolframita con una composición de 60 a 70% de ferberita (Litherland et al., 1990).

Se obtuvieron valores de hasta 444 ppm de W en muestras del prospecto de sulfuros masivos volcanogénicos de Guarumales (ver sección de Cu, Pb, Zn; Apéndice D).

Se obtuvo un valor de 59 ppm para una muestra mixta de bloques de esquisto de color gris-verdoso, con tinciones de óxido de hierro, provenientes del Río Agua Clara en el norte del país (Mapa 7c). Una pegmatita que corta el granito Tres Lagunas cerca de Loma del Inca indicó 32 ppm de W, y un mármol silíceo impuro del campo de skarn El Placer dio 23 ppm de W (Litherland et al., 1990).

Otras ocurrencias conocidas de tungsteno (Litherland et al., 1990) se limitan a la scheelita, reconocida en concentrados de batea de minerales pesados en sedimentos fluviales de las siguientes localidades: Río Cofanes-La Bonita-Rosa Florida, con un grupo de muestras de entre 20 a 100 granos de scheelita; Río Oyacachi-Río Papallacta, con seis ocurrencias de scheelita de 100 granos, posiblemente relacionadas con anomalías de Ag-Au-As-Cu-Pb-Zn en sedimentos fluviales (éstas posiblemente relacionadas con skarns, granitos tipo Tres Lagunas u otras fuentes). Ocurrencias del área de Mina Peggy-Río Santa Bárbara-Río Ayllón hacia el suroeste, a través de las cabeceras del Río Cuyes hasta Tutupali, incluyen cinco anomalías de scheelita de >100 granos, posiblemente relacionadas con anomalías de Ag-Au-As-Sn-Sb-Cu-Pb-Zn. Este “cinturón” corresponde a la zona de contacto del batolito granítico Tres Lagunas y las litologías de la subdivisión Chigüinda (división Loja), además de una serie de intrusivos terciarios y cuaternarios más jóvenes. Pegmatitas y/o rocas tipo greisen ocurren en el granito Tres Lagunas cerca de las cabeceras del Río Cuyes, junto con rocas volcánicas jóvenes.

También se reporta tungsteno en sedimentos fluviales de los ríos de la Burra Playa (Principal) y Río Collay (Mapa 4a), Río Pichinal (este de Saraguro; Mapa 2f; UNDP, 1972), Malacatos (Mapa 2d) y San Antonio de las Aradas (Mapa 2b; Clarke, 1989).

8.3 Estaño

La mineralización de estaño se menciona en los mapas geológicos (escala 1:100000) N° 55 y 75 (Apéndice B).

Se ha reportado casiterita y estannita en la Mina Peggy (de Coster, 1986; Litherland et al., 1990), y se ha recuperado casiterita de sedimentos fluviales cercanos (Clarke, 1989).

Los valores para muestras mineralizadas de la Mina Peggy y sus alrededores (Mapas 2h, 4a) oscilan entre <20 y 1242 ppm de Sn (Apéndice D). Clarke (1989) reporta análisis similares de hasta 7684 ppm de estaño.

Otras ocurrencias de estaño en la Cordillera Real incluyen: casiterita (y scheelita) en concentrados de batea del Río Pichinal (Mapa 2f), aproximadamente 11 km al este de Saraguro. Esta anomalía fue descubierta durante un levantamiento del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP, 1972) y confirmada posteriormente durante el proyecto Cordillera Real (Clarke, 1989). Es probable que la casiterita esté relacionada con vetas, pegmatitas o diseminaciones asociadas con el granito tipo S de Tres Lagunas cercano.

Se reporta un valor de 63 ppm de Sn para una muestra de “greisen” de moscovita-turmalina, o pegmatita, de las cabeceras del Río Cuyes (Litherland et al., 1990), también asociada con el granito Tres Lagunas.

Una pegmatita de turmalina del “cinturón de pegmatitas” de Monte Olivo de Litherland et al. (1990) dio 33 ppm de Sn.

Los análisis de XRF muestran un pico de Sn (ver Apéndice E) para sedimentos fluviales de un afluente del Río Yacuambí, al sur del Río Ortega, cerca de Tutupali.

No se conocen otras anomalías u ocurrencias de estaño, pero se sabe de la existencia de ocurrencias de “greisen” y pegmatitas a lo largo de la Cordillera Real (e.g. Van Thournout y Piedra, 1986; Litherland et al., 1990).

La mineralización de estaño parece estar, como es de esperar, estrechamente asociada espacialmente con el granito tipo S de Tres Lagunas y sus derivados. La mineralización en la Mina Peggy también es estannífera, pero es probable que esta mineralización esté relacionada con pórfidos riolíticos del Terciario (ver sección de Cu, Pb, Zn). Curiosamente, los pórfidos y la mineralización están, a su vez, alojados en el basamento del granito Tres Lagunas.

9. METALES RAROS

9.1 Elementos de Tierras Raras

Goossens (1972) reporta una posible ocurrencia de torianita como mineral pesado en sedimentos fluviales del Río Verde, cerca de Baños.

Litherland et al. (1990) reportan picos “fuertes” de XRF (ver Apéndice E) para cesio, itrio (y rubidio) en un grupo que corresponde con “anomalías” de Mo en sedimentos fluviales en el batolito de Portachuela, cerca de la frontera peruana. Según los informes, las tres muestras presentan picos “fuertes” para Ce-Y (2 muestras) y Ce-Y-Rb respectivamente. El último punto también corresponde con el pico más alto de Nb.

Según se informa, ocurre una anomalía de XRF “fuerte” de Ce-Y-Rb en una muestra de sedimentos fluviales del Río Numbala, al este de Yangana, y una anomalía de Ce-Y ocurre en las cabeceras occidentales del Río Cuyes. Picos “fuertes” de Y-Rb se reportan de manera similar en el área de Tutupali-Ortega Alto.

Se reportan valores elevados de torio (27 ppm) y lantano (33 ppm) en una muestra de granito con granate de Oyacachi, y una muestra de veta de cuarzo del Río Collay indicó 22 ppm de Th y 29 ppm de La. Se registró un valor de 38 ppm de Th en una veta mineralizada (polimetálica) de la cuenca Alao-Palora, y 30 ppm de Th en una roca de skarn de Sara Urcu (Litherland et al., 1990).

Todas las demás muestras mineralizadas analizadas de la Cordillera Real tienen valores máximos de 29 ppm de La y 22 ppm de Y (Apéndice D). Los valores de escandio son generalmente bajos (máximo 9 ppm, mayoritariamente < 5 ppm; Apéndice D).

9.2 Niobio

Las únicas ocurrencias reportadas de niobio son picos de XRF de Nb “débiles” y “moderados” (ver Apéndice E), que corresponden con un grupo de picos de molibdeno, a partir de análisis de sedimentos fluviales en el batolito de Portachuela, cerca de la frontera peruana (Litherland et al., 1990).

Los granitos anorogénicos y las carbonatitas de los tipos comúnmente asociados con la mineralización de niobio (Hutchison, 1983) no existen en Ecuador, con la correspondiente falta de potencial para niobio.

10. MINERALES NO-METÁLICOS E INDUSTRIALES

10.1 Asbesto

La probable ocurrencia de silicatos fibrosos bajo el nombre general de “amianto” es analizada por Goossens (1972), quien también señaló la presencia de antofilita en esquistos en el área de los Llanganates.

Pequeños bloques de asbesto tipo tremolita y pequeñas vetas de asbesto tipo antigorita están comúnmente asociados con las serpentinitas del norte (Litherland et al., 1990). En la base de la serpentinita principal (Peltetec), en el valle de Huarguallá (Mapa 1), existe una franja de 5 metros de espesor dentro de la cual el asbesto crisotilo de “fibras longitudinales” (*slip-fibre*) está bien desarrollado. En niveles estructurales más altos, el asbesto forma un *stockwork* de vetas. A lo largo de la carretera a Alao, cerca de Peltetec, bloques sueltos contienen pequeñas vetas de asbesto azul.

10.2 Baritina/Bario

La mineralización de bario se menciona en la hoja geológica 72 (escala 1:100000; Apéndice B). Wolf (1892) reportó baritina en la mina de plata Pilzhum, cerca de Azogues, y esta ocurrencia ha sido confirmada. La baritina se presenta comúnmente como cristales laminares de grano fino a grueso en vetas epitermales.

Se han obtenido valores anómalos de Ba (Apéndice D) en muestras de otras localidades epitermales mineralizadas, por ejemplo: Satunsaray-Cuchil (841 ppm), Collay (450 ppm), Loma Quipal (1002 ppm) y Cerro Colorado-Gima (758 ppm; ver secciones de Mineralización Primaria de Oro y Plata). Muestras de mineralización relacionada con pórfidos también tienen valores de Ba, por ejemplo: Mina Peggy (437 ppm), Lomo del Loro (459 ppm) y Cerro Puglla (408 ppm; ver secciones de Mineralización Primaria de Oro y Plata). Se registró un valor de 1105 ppm de Ba en una muestra del prospecto polimetálico de sulfuros masivos volcanogénicos de Guarumales (ver sección de Cu, Pb, Zn).

Una granodiorita milonítica mineralizada de las cercanías de La Bonita dio 442 ppm de Ba (Litherland et al., 1990).

Se observó un pico de XRF de Ba en minerales pesados “extremadamente fuerte” (con desarrollo de picos de segundo orden; ver Apéndice E) en una muestra aguas arriba de Chicaña, con una correspondiente anomalía geoquímica de vanadio (Litherland et al., 1990).

10.3 Carbonatos

Se mencionan ocurrencias de carbonatos y travertino en las hojas geológicas 56 y 97 (escala 1:100000; Apéndice B), y el travertino se explota en algunos lugares, como por ejemplo en Totoras. La ocurrencia de travertino también está documentada en el UNDP (1969b).

A lo largo del cinturón subandino existen abundantes afloramientos de caliza negra de la Formación Napo.

Un gran espesor de mármol, de color azul a blanco grisáceo, perteneciente a la subdivisión Isimanchi, se presenta en la margen este del Río Isimanchi, al sur de Isimanchi y al este de Valladolid, en el sendero a Porvenir.

También se presentan bandas de mármol accesibles a lo largo de los ríos Paute, Zula y Negro, al oeste de Méndez. Se encuentran bloques rodados de mármol blanco en el Río Diviso; los mármoles negros de Cerro Hermoso comprenden una unidad de 500 metros de espesor. En el Río Cosanga se presentan dolomitas fuchsíticas impuras.

En el valle de Huarguallá, se pueden obtener cristales de calcita de hasta 30×20×20 cm de tamaño, pero estos no poseen la calidad de “Espato de Islandia” (Litherland et al., 1990).

10.4 Corindón

Goossens (1972) describe un informe de Yantis (1943) sobre corindón diseminado en una sienita alterada ubicada en Ludo, a unos 8 km al sureste de San Bartolomé. Esta ocurrencia no ha sido confirmada.

10.5 Diatomita

Goossens (1972) menciona un gran depósito de diatomita en Loja, y algunas otras localidades. También se registran ocurrencias de diatomita en los mapas geológicos N° 56, 57 y 71 (escala 1:100000; Apéndice B).

10.6 Feldespato

Se mencionan ocurrencias de feldespato en las hojas geológicas 75 y 76 (escala 1:100000; Apéndice B).

Las rocas ricas en feldespato incluyen las monzonitas cuarcíferas y sienitas cuarcíferas del plutón Rosa Florida y varios diques y capas microfeldespáticas, aplogranitos y aplitas. Un cinturón de pegmatitas “bien definido” al norte de Monte Olivo (Litherland et al., 1990), ha resultado ser, tras un análisis más detallado, un cinturón de esquistos micáceos semipelíticos con bandas ocasionales de micropegmatita de cuarzo-feldespato-moscovita ± turmalina. El análisis de las muestras indicó un contenido muy alto de sílice y el tamaño de grano es generalmente fino. Se han encontrado micropegmatitas de mineralogía similar tan al sur como el Río Saranan, un afluente del Río Oyacachi.

Es poco probable que alguna de las rocas feldespáticas mencionadas anteriormente sea de interés económico.

10.7 Fluorita

La fluorita ha sido descrita en el Cerro de Santa Cruz (¿Cerro Minas?) cerca de Malacatos (Wolf, 1892; Goossens, 1972). Cerro Minas alberga mineralización de metales preciosos y básicos asociada con una brecha intrusiva epitermal (Mapa 2d; ver sección de Cu, Zn, Pb). Esta ocurrencia ha sido confirmada y se encontraron muestras de fluorita púrpura asociadas con cuarzo de veta y como pequeñas masas irregulares dentro de un dique traquítico (Jemielita, 1991b; Apéndice F2). La fluorita no se presenta en grandes cantidades y es poco probable que sea económica.

10.8 Granate

El granate es un mineral común en toda la Cordillera, donde los habitantes locales a veces se refieren a él como “rubi”, aunque no se han observado granates grandes de calidad gema (Litherland et al., 1990).

La roca de granate de alta pureza es común en el área de Nambija y en los campos de skarn del norte, donde pueden formar bandas de hasta 20 cm de espesor.

Se encontraron bloques de granatita de color pardo-rojizo en el Río Blanco (Chigüinda) y en la confluencia de los ríos Ayllón y Santa Bárbara, cerca de Sigsig (Mapa 4a; Jemielita y Bolaños, 1991a; Apéndice F4). No se ha localizado la fuente de estos bloques.

Granates euhedrales e idioblásticos de hasta 3 cm de tamaño están presentes en bloques rodados en el Río Collanes, el cual drena hacia el Río Palora desde el norte (Litherland et al., 1990).

10.9 Gemas y curiosidades minerales

Se han reportado megacrístales de rutilo en las pegmatitas de Monte Olivo, y se describieron cristales euhedrales de zoisita verde en esquistos pegmatizados al este de Monte Olivo (Litherland et al., 1990).

Van Thournout y Piedra (1986) encontraron una ocurrencia de lazulita (aluminio-fosfato de Fe y Mg) de color azul cielo en las cabeceras del Río Sardinas Chico. Se han observado bloques, presumiblemente de esta fuente, en el Río Quijos, aguas abajo de Borja.

Se han reconocido granos de topacio en el estudio de minerales pesados de la Cordillera Real (Litherland et al., 1990). Dos ocurrencias en las cabeceras/cuenca del Río Sangurima se localizan justo al norte de una zona de greisen/pegmatita en las cabeceras del Río Cuyes; por lo tanto, es probable que este topacio tenga una fuente de tipo greisen.

La turmalina (chorlo negro) es común en pegmatitas y en vetas de cuarzo masivo, pero la turmalina solo es común en estas últimas vetas cuando están alojadas en el granito cizallado de Tres Lagunas en las áreas de Saraguro a Gima. La turmalina se presenta en pegmatitas en Yangana y a lo largo del “cinturón” de pegmatitas de Monte Olivo de Litherland et al. (1990). No se observaron cristales con calidad de gema.

A pesar de los registros coloniales tempranos que mencionan esmeraldas en Ecuador (Navarro, 1986), y el hecho de que existen condiciones geológicamente similares para la formación de esmeraldas en la zona subandina del Oriente en comparación con Colombia (es decir, en aureolas de contacto de intrusivos terciarios que cortan equivalentes sedimentarios de la Formación Napo en Colombia, como las minas de Muzo), no se conocen ocurrencias de esta gema en Ecuador.

Menciones sobre la existencia de una mina de esmeraldas perdida ubicada en el Oriente, al norte del Río Aguarico, se detallan en un artículo de revista (Krippene, 1960) y, al parecer, están respaldados por una concesión minera presentada ante el ministerio de minas.

Una mención más reciente de un hallazgo de esmeraldas cerca del pueblo de Chunchi se realizó en el periódico de Quito “La Hora” (lunes 17 de febrero, p. 9-10; martes 18 de febrero, p. 10; miércoles 19 de febrero, p. 9-10, 1992). La mención está respaldada por un análisis de difracción de rayos X realizado por la Cooperación Geológica Ecuatoriano-Alemana, y se dice que las “esmeraldas” ocurren en una pegmatita asociada con cuarzo, feldespatos y otros minerales. Estos reclamos no han sido confirmados geológicamente.

10.10 Grafito

Es común encontrar lutitas, pizarras, filitas y esquistos grafiticos o carbonosos en toda la Cordillera Real, aunque no se han hallado depósitos de alta ley.

Goossens (1972) enumera las ocurrencias de esquistos grafiticos en Ecuador, las cuales también están señaladas en los mapas geológicos 56 y 57 (escala 1:100000; Apéndice B).

10.11 Yeso

Este mineral se extrae localmente de las rocas terciarias de la cuenca de Malacatos, y se han registrado pequeñas ocurrencias sin importancia económica en las rocas metamórficas del basamento de la Cordillera Real (Litherland et al., 1990). Las ocurrencias de yeso y anhidrita se detallan en los mapas geológicos 57, 73, 96 y 102 (escala 1:100000; Apéndice B).

Existen vetas de anhidrita fibrosa en brechas riolíticas con mineralización de azufre y piritita en la mina de azufre Shucos (Tixán) (hoja geológica Alausí 71; Apéndice B).

10.12 Aguas termales

Las ocurrencias y composiciones químicas de las aguas termales en Ecuador son revisadas por Goossens (1972) y de Grys et al. (1970). Las aguas termales también constan en algunos mapas geológicos (e.g. hojas geológicas 71, 88 y 86 a escala 1:100000; Apéndice B).

Existe una línea de fuentes termales con drenaje hacia el este, situadas al oriente de las mostradas en el mapa de de Grys et al. (1970). De norte a sur, éstas se encuentran en Oyacachi, Papallacta, Baños y El Placer (Río Palora, cabeceras occidentales). Estas vertientes se sitúan cerca de la falla de Baños y relativamente próximas a los centros volcánicos de Cayambe, Antisana, Tungurahua y Sangay, respectivamente (Litherland et al., 1990).

10.13 Caolín y otras arcillas

Las ocurrencias de caolín, bentonita y otras arcillas en Ecuador son revisadas por Goossens (1972), junto con una lista de referencias. Las ocurrencias de caolín y otras arcillas también están registradas en los mapas geológicos (escala 1:100000 73, 73NW (1:50000), 75 y 96; Apéndice B).

Las cuencas sedimentarias de Azuay-Cañar y Loja contienen numerosos depósitos de caolín y bentonita explotados desde la época precolonial española para la fabricación de cerámica (Goossens, 1972). Las arcillas están asociadas con rocas intrusivas ácidas y rocas piroclásticas.

Se registraron trabajos a pequeña escala de caolinita en el área de Shincata-Bestión (Jemielita 1991b; Mapa 2g), y se ha informado de una producción de caolín a pequeña escala en Puyo y Azogues (Goossens, 1972; Stoll, 1962). Las ocurrencias mencionadas se localizan dentro de formaciones volcánicas y sedimentarias marginales al basamento plutónico metamórfico de la Cordillera Real.

Dentro del basamento, son comunes las intrusiones ricas en feldespato, meteorizadas y caolínicas, donde podría existir potencial para depósitos arcillosos trabajables (Litherland et al., 1990).

10.14 Magnesita

Pequeñas vetas de magnesita son comunes en las serpentinitas dentro de la subdivisión Peltetec y al este de la falla de Baños, pero no poseen interés económico (Litherland et al., 1990). Vetillas similares de magnesita ocurren dentro de la intrusión máfica-ultramáfica estratificada de Tampanchi.

Otras ocurrencias de magnesita en Ecuador son mencionadas en Goossens (1972).

10.15 Mica

Ribadeneira (1960) menciona áreas generales para la ocurrencia de biotita y moscovita.

Se encuentran pequeñas pegmatitas de una o dos micas a lo largo de la cordillera, pero los cristales tienen un tamaño máximo de 5 cm de ancho y carecen de interés económico.

10.16 Piedra ornamental

Se han descubierto muchas ocurrencias nuevas con potencial de piedra ornamental en la Cordillera Real (Litherland et al., 1990). Éstas incluyen los granitos de cuarzo-feldespatos azules de Tres Lagunas; los “granitos negros” (gabros megacrystalinos) de Tampanchi; las sienitas rosadas de Rosa Florida; las rocas de campo de skarn (verdes, rosadas y negras) del norte; serpentinitas (verdes y negras); mármoles pálidos o negros; y muchos plutones granitoides (Litherland et al., 1990).

Se han observado bloques de diorita orbicular en el Río San Miguel cerca de Monte Olivo (Mapa 7a; Jemielita y Bolaños, 1992b; Apéndice F7), pero no se ha rastreado la fuente de estos bloques.

El travertino es ampliamente utilizado como piedra de construcción y ornamental en Ecuador. Las ocurrencias de travertino se mencionan en las hojas geológicas (escala 1:100000; Apéndice B) n.º 55, 71, 73, 73NW y 100.

10.17 Rocas fosfáticas

La ocurrencia y el potencial económico de las rocas fosfáticas en Ecuador han sido revisados por Wilkinson (1982) y Boujo et al. (1984). Las áreas más significativas de potencial fosfático se encuentran al este de la Cordillera Real, dentro de las litologías de la Formación Napo miogeosinclinal del Cretácico en el Oriente.

Un metagranito rico en apatita recolectado al este de Papallacta dio 2.25% de P_2O_5 , pero esto no tiene importancia económica (Litherland et al., 1990).

Las ocurrencias de fosfatos también se muestran en los mapas geológicos n.º 88, 98, 99, 100 y 102 (escala 1:100000; Apéndice B).

10.18 Cuarzo y minerales de sílice

El cuarzo se presenta en la Cordillera Real como cristal de roca y cuarzo de veta masivo, pero no se conocen depósitos potencialmente comerciales. Las cuarcitas de la Formación Hollín (Cretácico), que afloran a lo largo de la zona subandina al este de la Cordillera Real, podrían tener potencial económico para la fabricación de vidrio; se han reportado algunos trabajos en las cercanías de Limón e Indanza (com. pers. J. Aspden, 1993). Litherland et al. (1990) observaron cuarcitas puras de la Formación Hollín que afloran a lo largo de la margen derecha del Río Chuchumbeza.

Las cuarcitas de la Formación Hollín se mencionan en los mapas geológicos n.º 87, 98, 99, 100, 101 y 102 (escala 1:100000; Apéndice B). Otras ocurrencias de minerales de sílice, como geiserita, ópalo y jaspe, son señaladas por Goossens (1972) y Ribadeneira (1960).

10.19 Minerales de sillimanita

Tanto la sillimanita como la cianita han sido observadas en la Cordillera Real, pero su ocurrencia es de interés académico únicamente (Litherland et al., 1990).

10.20 Azufre

A lo largo de los flancos occidentales de la Cordillera Real, los depósitos e indicios de azufre nativo están invariablemente asociados con rocas volcánicas jóvenes.

La antigua mina productora Shucos en Tixán contiene azufre nativo asociado con lavas riolíticas y brechas. Las riolitas están a veces piritizadas y se ha observado geiserita en el área de la mina (Goossens, 1972; Zamora, 1985).

El cercano distrito de Chunchi se caracteriza por una alteración hidrotermal extensa y, a menudo, intensiva de rocas volcánicas andesíticas (hoja geológica Alausí 71; Apéndice B). La piritita diseminada ocurre en varios lugares y se dice que el área contiene mineralización de azufre nativo.

Cantidades menores de azufre nativo, asociadas con zonas de alteración piritica, están presentes dentro de las litologías volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Tarqui entre Atillo y Laguna Atillo (Mapa 5b).

En Malacatos, cerca de Loja, Goossens (1972) reporta impregnaciones de azufre y yeso en un manto de carbón. Otras ocurrencias de azufre en Ecuador están documentadas en Goossens (1972) y en los mapas geológicos n.º 71, 96 y 97 (escala 1:100000; Apéndice B).

10.21 Talco

Algunas manifestaciones de talco (y esteatita) en la Cordillera Real son descritas en Ribadeneira (1960). Se dice que los esquistos talcosos y las serpentinitas talcosas están comúnmente asociados con cuerpos de serpentinita, pero no se observaron depósitos grandes (Litherland et al., 1990). Las ocurrencias de talco están señaladas en los mapas geológicos n.º 72, 88, 87 y 90 (escala 1:100000; Apéndice B).

11. MINERALES ENERGÉTICOS

11.1 Carbón

Existen reservas de carbón en las cuencas del Mioceno de Cuenca, Loja y Malacatos (Stoll, 1962; UNDP, 1969a), pero no en las rocas del basamento.

Las ocurrencias de carbón y/o lignito se mencionan en los mapas geológicos n.º 55, 56, 57, 73, 73NW (1:50000), 75, 87, 101 y 102 (escala 1:100000; Apéndice B).

11.2 Petróleo

Se mencionan ocurrencias de asfalto los mapas geológicos n.º 101 y 102 (escala 1:100000; Apéndice B). La geología y la exploración petrolera temprana en la zona subandina y el Oriente fueron revisadas en un artículo clásico de Tschopp (1953).

Se han encontrado lutitas negras bituminosas (probablemente derivadas de la Formación Napo, las cuales al ser golpeadas desprenden olor a petróleo) como bloques de río en el Río Chingual, Río Salado y Río Vergel. Las lodolitas de la cuenca terciaria de Malacatos dieron un rendimiento total de hidrocarburos de 60-80 kg/tonelada (Litherland et al., 1990).

11.3 Uranio

Las ocurrencias de uranio se mencionan en los mapas geológicos n.º 100, 101 y 102 (escala 1:100000; Apéndice B).

Vera (1980) reportó una banda de 30 cm de fosfato uranífero en el Río Chingual, cerca de la frontera con Colombia. Un levantamiento con escintilómetro de campo confirmó la anomalía radiactiva (320 c.p.s.).

Se registró un valor de 19 ppm de U en un bloque gnéisico mineralizado con cobre en el Río Condué, y 13 ppm en una pegmatita de turmalina del cinturón de Monte Olivo, al sureste de San Gabriel.

La mayoría de las muestras de campo, incluidas las de las pegmatitas, han sido examinadas en oficina bajo un escintilómetro de rayos gamma portátil, pero no se han observado conteos anómalamente altos.

Durante el levantamiento nacional de uranio (Carrión y Villalba, 1981; Severne et al., 1978), se determinaron varias anomalías radiométricas débiles, en su mayoría por debajo de 300 c.p.s., a partir de las rocas metamórficas. Algunas se relacionan con pequeñas mineralizaciones de Cu en el batolito de Zamora a lo largo de la carretera Zamora-Cumbaratza; otras se encontraron a lo largo del Río Paute, entre Amaluza y Méndez. Se detectaron anomalías de uranio en sedimentos fluviales de hasta 5 ppm en el Río Jamboe, al este del batolito de Zamora. También se encontraron anomalías de uranio en los sedimentos de agua dulce del Mioceno de las cuencas de Cuenca, Loja y Malacatos (Litherland et al., 1990).

12. POTENCIAL MINERAL Y METALOGÉNESIS DE LA CORDILLERA REAL DEL ECUADOR

12.1 Potencial mineral

La Cordillera Real del Ecuador forma parte de un segmento de 650 km de longitud del Cinturón de Fuego del Pacífico, una sobresaliente característica global de mineralización y potencial mineral. Estudios geológicos recientes en Ecuador han revelado una historia de subducción, acreción tectónica y transpresión desde el Triásico (Aspden y Litherland, 1992; Litherland y Aspden, 1992). Estas características son notablemente similares a las descritas en otras regiones del Cinturón del Pacífico. Las similitudes se ven reforzadas por la comparación de la metalogénesis de Ecuador con áreas mejor conocidas como Alaska (Goldfarb et al., 1986) y Columbia Británica (McMillan et al., 1986).

Se puede realizar una clasificación metalogénica de la Cordillera Real mediante la correlación de la mineralización con las litologías de roca caja, las estructuras y las edades de las mismas. El análisis de estas correlaciones también permite la construcción de una historia metalogénica para la región y predicciones respecto al potencial mineral de la Cordillera Real.

Los tipos de mineralización con mayor potencial económico en la Cordillera Real y áreas adyacentes se consideran a continuación:

12.1.1 Mineralización de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS)

A escala mundial, los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos son importantes productores de metales base, con subproductos significativos de metales preciosos y otros elementos. Estos depósitos son objetivos de exploración atractivos en los márgenes de terrenos de acreción del Cinturón del Pacífico, como Alaska (Goldfarb et al., 1986) y Columbia Británica (McMillan et al., 1986).

Dos depósitos VMS polimetálicos (Macuchi, La Plata) han sido trabajados previamente en la Cordillera Occidental de Ecuador, y al menos otros dos ejemplos (Mina Pilas y Guarumales) han sido identificados ahora en la Cordillera Real (Jemielita, 1991a; Jemielita y Bolaños, 1991a; ver secciones de Mineralización Primaria de Oro y Cu, Pb, Zn).

En Mina Pilas, piritas masiva, granular y estratificada se encuentra intercalada con rocas metavolcánicas de esquisto verde y esquisto sericítico de la subdivisión Alao-Paute del Jurásico. La piritas masiva contiene solo oro anómalo (479 ppb; ver sección de Mineralización Primaria de Oro), pero el depósito es un sulfuro masivo volcanogénico y es un indicio muy alentador para el potencial de mineralización VMS polimetálica (Cobre-Zinc-Plomo $\pm$ Oro $\pm$ Plata) en otros lugares dentro de la subdivisión Alao-Paute.

Se ha reportado una ocurrencia de fuerte mineralización de sulfuros en Cerro Soroche (Cruz, s.f.) al sur de Mina Pilas, que también se encuentra dentro de las litologías de la subdivisión Alao-Paute y podría ser otra exposición de mineralización de tipo VMS.

En Guarumales, en el Río Paute, esquistos mineralizados y sulfuros polimetálicos masivos están expuestos dentro de esquistos cloríticos, sericíticos y grafiticos de la subdivisión Upano del Jurásico. Los análisis muestran valores altos o anómalos de Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Cd, As, Sb, Mo, W y Ba. Guarumales es un depósito de sulfuro masivo volcanogénico polimetálico, deformado y metamorfozado (¿tipo Kuroko?) (Hutchinson, 1980).

Los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS) polimetálicos suelen ocurrir en rifts dentro de arcos de islas asociados con un vulcanismo bimodal calcoalcalino. Las litologías de la subdivisión Alao-Paute (dominada por metavolcánicos de esquisto verde) y de la subdivisión Upano son geoquímicamente de composición de arco de islas oceánico (com. pers. J. Aspden, 1993). Estas subdivisiones litotectónicas ocupan grandes áreas de la Cordillera Real y son altamente prospectivas para depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos.

12.1.2 Skarns mineralizados

La mineralización de tipo skarn es una característica común en los márgenes de terrenos de acreción del Cinturón del Pacífico, como en Alaska (Goldfarb et al., 1986) y Columbia Británica (McMillan et al., 1986).

En Ecuador, el interés por la mineralización de skarn ha surgido a raíz del reciente redescubrimiento de los skarns de oro de Nambija, en el sureste del país.

Los depósitos de skarn aurífero, tipificados por Nambija, ocurren dentro de un techo colgante volcano-sedimentario del Triásico, situado sobre el batolito de Zamora del Jurásico (ver sección de Mineralización Primaria de Oro). La producción está dominada por el oro, y se estima que solo en Nambija se han producido hasta 30 toneladas desde 1982.

Batolitos de granodiorita-diorita de edad y composición similar al batolito de Zamora se presentan más al norte, a lo largo del lado oriental de la Cordillera Real; por ejemplo, el batolito de Abitagua, el plutón de La Bonita y el plutón de Rosa Florida. También existe potencial para mineralización de skarn en estas áreas; por ejemplo, en el plutón de La Bonita existen sedimentos de grano fino, bandeados, endurecidos/corneanizados, epidotizados y piritizados (Jemielita y Bolaños, 1992b; Apéndice F7).

Se ha documentado la existencia de skarns, interpretados como klippen aislados, a lo largo de la divisoria de aguas de la Cordillera Real, y se han reportado valores anómalos de Au, Ag, Cu, Pb, Zn y Mo en estas litologías (Litherland et al., 1990). La formación de estos “klippen” de skarn se atribuye al metamorfismo dinámico y térmico de litologías sedimentarias y volcánicas del Triásico-Jurásico durante el cabalgamiento sobre el batolito de Azafrán del Jurásico Medio en proceso de enfriamiento. Estos skarns constituyen tonelajes potenciales considerables de material y podrían justificar una investigación más detallada.

Las edades de las intrusiones (Jurásico) y de las litologías caja de los skarns (Triásico) en Ecuador son sorprendentemente similares a algunos depósitos en Columbia Británica (e.g. Hedley; McMillan et al., 1986) y Alaska (e.g. Montañas Wrangell; Goldfarb et al., 1986).

La gran extensión superficial del batolito de Zamora y otras áreas de skarns potencialmente mineralizados dentro de la Cordillera Real, junto con la naturaleza accidentada e inaccesible del terreno, ofrecen un potencial considerable para nuevos descubrimientos de mineralización económica de skarn en Ecuador.

12.1.3 Mineralización relacionada con intrusiones de granodiorita

Los granitoides de tipo I suelen estar asociados con mineralizaciones importantes de sulfuros, mientras que los granitoides de tipo S se asocian comúnmente con mineralizaciones de estaño y tungsteno (Ishihara, 1981). Ambos tipos de granitoides, tipo I y tipo S, se presentan en la Cordillera Real de Ecuador (Aspden y Litherland, 1992) y están asociados respectivamente con mineralizaciones de sulfuros y de Sn-W (estaño-tungsteno).

El granito Tres Lagunas del Triásico posee características mineralógicas y geoquímicas de los granitos de tipo S, pero solo se asocian con esta intrusión ocurrencias débiles de mineralización de estaño y tungsteno.

La mayoría de los granitoides plutónicos dentro de la Cordillera Real son de carácter tipo I y su edad varía desde el Jurásico hasta el Terciario Medio. En algunos lugares, estos granitoides están asociados con mineralizaciones de metales preciosos y metales base, particularmente dentro del batolito de Zamora (ver la sección anterior de Skarns).

Dentro del área central de la Cordillera Real, las intrusiones porfídicas de alto nivel son generalmente raras o están ausentes. Esto puede ser resultado de una erosión profunda debido al levantamiento tectónico. Ocurren intrusiones de niveles más profundos, como granitos batolíticos y granodioritas, pero, en algunos lugares, existen pequeños plutones granodioríticos granulares. Estos plutones a menudo están mineralizados y han mineralizado sus rocas caja. Una serie prominente de plutones de granodiorita aflora desde el Río Ishpingo (Mapa 4a) hasta el Río Salado (Mapa 5a), y un ejemplo (Amaluza; Mapa 4b) fue datado en 41.9 Ma (K-Ar). Las intrusiones alteradas y mineralizadas, junto con sus rocas caja, representan enormes tonelajes potenciales de rocas mineralizadas, habiéndose registrado valores anómalos de Au, Ag, As, Cu, Zn y Mo (Apéndice D).

Estas intrusiones podrían representar los niveles más profundos de sistemas de pórfidos mineralizados y justifican una investigación más detallada.

12.1.4 Mineralización diseminada, en brechas y vetas relacionada con pórfidos

La importancia mundial de los depósitos de pórfidos de cobre, y otros tipos de mineralización relacionados con pórfidos, refleja los grandes tonelajes de metales aptos para la explotación económica contenidos en estos tipos de mineralización (Titley y Beane, 1981). La mayor concentración de depósitos de pórfidos de cobre y mineralización asociada ocurre alrededor del Cinturón del Pacífico, especialmente en Chile (Sillitoe, 1993).

La mineralización relacionada con pórfidos ocurre a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Real de Ecuador, donde rocas volcánicas jóvenes del Terciario se superponen al basamento metamórfico y plutónico. El sistema de fallas Las Aradas-Baños, de escala regional, parece ser un control estructural particularmente importante para este tipo de mineralización (ver sección de Controles Estructurales sobre la Mineralización de Oro-Plata). La mineralización varía en carácter, desde sulfuros diseminados y stockworks hasta brechas intrusivas y vetas discretas; generalmente es polimetálica (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo y otros metales) y de carácter mesotermal a epitermal. La mineralización está estrechamente asociada espacial y temporalmente con pequeñas intrusiones porfídicas de granodiorita, dacita y riolita del Terciario Medio a Superior.

Las intrusiones porfídicas y la mineralización asociada son una manifestación del magmatismo relacionado con la subducción, controlado por estructuras mayores como la falla de Las Aradas-Baños. Esta estructura, y otras fallas paralelas a lo largo del margen occidental de la Cordillera Real, son altamente prospectivas para mineralizaciones relacionadas con pórfidos.

12.1.5 Mineralización epitermal alojada en rocas volcánicas

Los depósitos epitermales son una fuente importante de oro y plata y han sido blanco de una exploración agresiva en todo el mundo, especialmente alrededor del Cinturón de Fuego del Pacífico, desde principios de la década de 1980 (Mitchell y Leach, 1991; Sillitoe, 1983).

En Ecuador, la mineralización epitermal de plata-oro es relativamente común dentro de rocas volcánicas y volcanoclásticas de pórfidos andesíticos a dacíticos, y se han reconocido muchas características comunes en los entornos de metales preciosos de tipo epitermal (White y Hedenquist, 1990).

San Bartolomé es un depósito de vetas epitermales polimetálicas ricas en plata, y depósitos similares en Pilzhum (Ag) y, posiblemente, Cubillín (Ag) y Tungurahua (Ag), enfatizan la naturaleza rica en plata de esta mineralización. La mineralogía y las texturas observadas en estos depósitos de vetas son típicas del entorno epitermal más profundo (filón de bonanza).

Las brechas de pórfido epitermales lixiviadas por ácido y silicificadas a veces están asociadas con anomalías de oro o plata y bario, por ejemplo, en Cerro Minas (Gima) y Río Pilares (Collay). La sílice calcedónica y opalina se presenta con brechas de pórfido silicificadas y piritizadas en Cuchil, cerca de Sigsig. Se han obtenido hasta 4 g/T de Au en brechas opalinas. En Loma Quipal, también cerca de Sigsig, se encuentran rocas volcánicas silicificadas, con vetas de alunita y alteración argílica. En Tixán y Chunchi, extensas áreas de rocas volcánicas y volcanoclásticas están fuertemente alteradas hidrotermalmente y piritizadas. Se ha producido azufre en Tixán y se ha observado en Chunchi. Una fuerte mineralización de piritita, mayoritariamente diseminada, en rocas volcánicas y volcanoclásticas es característica de Principal y Cerro Pucurcu Grande (¿y Chico?) - Atillo. También se informa de mineralización epitermal relacionada con sericita, alunita y silicificación en las cercanías de Saraguro.

La mineralización epitermal hospedada en rocas volcánicas ocurre principalmente dentro de litologías volcánicas y volcanoclásticas del Terciario (Oligoceno a Cuaternario), de andesíticas a riolíticas, del graben interandino y muestra una fuerte asociación espacial con la falla Las Aradas-Baños y estructuras paralelas en el flanco occidental de la Cordillera Real.

12.1.6 Mineralización de vetas mesotermales en zonas de cizalla

La mineralización de vetas mesotermales suele estar alojada en estructuras de zonas de cizalla y es típica de entornos de rocas verdes del Arcaico (Colvine et al., 1988) y de márgenes convergentes transpresionales del Fanerozoico, especialmente alrededor del Cinturón de Fuego del Pacífico, por ejemplo, Alaska (Goldfarb et al., 1987), Columbia Británica (McMillan et al., 1986; Nesbitt y Muehlenbachs, 1988), California (Bohlke y Kistler, 1986) y Nueva Zelanda (Craw, 1992). Este tipo de mineralización no ha sido previamente reconocido o documentado ampliamente en Ecuador o, de hecho, en América del Sur.

En Ecuador, las vetas de cuarzo mesotermales masivas son ubicuas en todas las litologías esquistosas de la Cordillera Real ecuatoriana, y se encuentran bloques de cuarzo de veta masiva en casi todos los ríos examinados.

Es probable que las vetas de cuarzo estén concentradas en estructuras de cizalla de escala regional, de alta deformación y de carácter frágil-dúctil con tendencia andina, pero esto solo es evidente a lo largo del sistema de fallas Las Aradas-Baños.

En Cera, cerca de Loja, el oro se extrae de vetas masivas de cuarzo-ankerita-pirita que cortan esquistos micáceos carbonáceos de color gris-negro a lo largo de la falla Las Aradas (zona de cizalla). Mineralización similar ocurre cerca de Yangana, en Masanamaca y, según se informa, al este de Loja (Wolf, 1892). Aparte de estas localidades, no se conocen otras ocurrencias de mineralización primaria de oro de este tipo en la Cordillera Real. No obstante, la presencia generalizada de este tipo de material de veta en ríos auríferos sugiere una conexión genética. Esto se ve respaldado por la composición de los bloques en los depósitos de paleoplaceres auríferos de Shincata-Bestión, y en los sedimentos de las formaciones Tena y Tiyuyacu (ver sección de Paleoplaceres), que contienen una alta proporción de cuarzo de veta masiva y, en el caso de Shincata-Bestión, guijarros de turmalina negra de origen hidrotermal.

Las zonas de cizalla que albergan vetas de cuarzo mesotermales en la Cordillera Real probablemente tuvieron una historia cinemática extendida entre 226 Ma (edad U-Pb en circón - Granito Tres Lagunas) y 60 a 80 Ma (temperatura de cierre K-Ar del pico metamórfico principal en la Cordillera Real, que posiblemente representa la acreción del terreno Chaucha). La mineralización de vetas de cuarzo mesotermales pudo haber ocurrido episódicamente entre estas fechas.

Se piensa que la mineralización de vetas mesotermales se formó a profundidades corticales de entre 2 km y 10 km (Colvine et al., 1988), pero un gran grado de levantamiento tectónico en la Cordillera Real puede haber erosionado las vetas de cuarzo auríferas por debajo de la ventana de mineralización (de 2 km a 10 km de profundidad). Esto es corroborado por los grandes volúmenes de bloques de cuarzo de veta mesotermal en las formaciones sedimentarias auríferas Tena, Tiyuyacu y otras ubicadas marginalmente a la Cordillera Real.

La mineralización de vetas de cuarzo-oro mesotermales, y sus productos erosivos, han sido una fuente significativa de la producción mundial de oro, especialmente alrededor del Cinturón de Fuego del Pacífico, pero el potencial para mineralización primaria económica de este tipo en la Cordillera Real de Ecuador se considera bajo.

12.1.7 La Falla Las Aradas-Baños

El sistema de fallas Las Aradas-Baños es una estructura principal de tendencia andina que generalmente corresponde al contacto entre las rocas volcánicas y volcanoclásticas terciarias del graben interandino y las litologías metamórfico-plutónicas del basamento de la Cordillera Real en Ecuador (Figura 2). En el sur de Ecuador, una deflexión en esta estructura parece controlar varios tipos de mineralización de metales preciosos y base, incluyendo vetas de cuarzo mesotermal ($\pm$ oro), mineralización de oro-plata epitermal hospedada en rocas volcánicas y relacionada con pórfidos, y depósitos de oro aluvial (Figura 7).

La falla Las Aradas-Baños es una estructura cortical fundamental, que posiblemente representa una sutura de terrenos (Litherland y Aspden, 1992). El sistema de fallas continúa hacia el norte hasta Colombia, donde se conoce como la falla Romeral, y forma el límite occidental de la Cordillera Central (Aspden et al., 1987). La Cordillera Central de Colombia alberga las mineralizaciones primarias de oro más importantes del país y posee el mayor potencial de recursos para oro (Utter, 1984).

El sistema de fallas Las Aradas-Baños-Romeral tiene al menos 2000 km de longitud y posee una fuerte conexión espacial y, posiblemente, genética con varios estilos diferentes de mineralización de oro.

Las secciones tensionales de la falla, como los *jogs* o las deflexiones de la falla (por ejemplo, la sección Saraguro-Sigsig de la falla Baños), son particularmente prospectivas para la mineralización.

12.1.8 Depósitos de oro en paleoplaceros

Existen depósitos de oro aluvial de clase mundial alrededor del Cinturón de Fuego del Pacífico, incluyendo la mayoría de los países andinos de América del Sur (Henly y Adams, 1979), pero Ecuador es una excepción notable.

En Ecuador, el oro aluvial se extrae comúnmente en sedimentos de ríos activos y en terrazas cortadas marginales a los ríos (ver sección de depósitos aluviales). Estos depósitos suelen tener un volumen pequeño y los sedimentos son muy inmaduros. Sin embargo, existen depósitos sustanciales de conglomerados de guijarros de cuarzo potencialmente auríferos, y estos depósitos muestran similitudes con las gravas de guijarros de cuarzo o conglomerados de tipo Witwatersrand y depósitos similares (Pretorius, 1981).

Conglomerados y gravas no consolidados y semilitificados, que comprenden guijarros de cuarzo de origen de veta mesotermal, ocurren a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Real y, de manera más extensa, en la zona subandina. Estos últimos depósitos se presentan como gravas maduras de guijarros de cuarzo (de veta), dentro de la Formación Tena y, especialmente, de la Formación Tiyuyacu expuesta en la zona subandina al este de la Cordillera Real (Sauer, 1965). Estas Formaciones pueden alcanzar longitudes de rumbo de hasta 150 km (Baldock, 1982), y el oro a veces se extrae directamente de estos estratos. También es interesante notar que los ríos San Miguel, Aguarico, Coca, Payamino, Napo y Cushimi no son notablemente auríferos aguas arriba de los afloramientos de estos estratos (Figura 4a, b, c). Esto es especialmente cierto en el caso del río Payamino, que no parece tener ninguna conexión directa con la Cordillera Real. Es probable que los guijarros de cuarzo y el oro se hayan derivado de la erosión de las vetas mesotermales de la Cordillera Real y que los sedimentos estén siendo retrabajados actualmente. La extensa exposición de estos sedimentos auríferos indica un potencial inmenso de tonelaje de material portador de oro.

En el área del Río Shincata-Río Betas, al sureste de Nabón, el oro se extrae de gravas de terraza que cubren una gran área de terreno relativamente nivelado en la vertiente occidental de la Cordillera Real. Las terrazas comprenden gravas de guijarros de cuarzo (de veta) de moderada a bien clasificadas y estratificadas, que contienen algunos guijarros redondeados de turmalina negra y oro de grano fino. Estos sedimentos son relativamente maduros y no están litificados, y su composición indica una fuente de vetas de cuarzo-turmalina auríferas mesotermales. Tales vetas están en los esquistos del basamento en las cercanías.

Los conglomerados y gravas son sedimentos maduros que comprenden minerales resistentes, es decir, cuarzo, chert, turmalina y oro, y probablemente se formaron debido al retrabajamiento y/o a la fuerte meteorización y erosión de los minerales y rocas menos resistentes. En algunos lugares de la Cordillera Real se presentan horizontes de suelos lateríticos profundos a gran altitud, donde las texturas relictas indican litologías precursoras de granitoides y esquistos, pero el cuarzo de veta se preserva (por ejemplo, Río Shincata-Mina Rea; Mapa 2g; Jemielita, 1991b; Apéndice C2).

La mayor parte de los conglomerados de guijarros de cuarzo se presentan a lo largo del flanco este de la Cordillera Real, donde parecen contribuir sustancialmente a la cantidad de oro de los principales ríos que fluyen hacia el este en la cuenca alta del Amazonas (Oriente). Estos depósitos indican una erosión muy considerable de la Cordillera Real, especialmente desde el Cretácico tardío (Formación Tena) hasta el Paleoceno-Eoceno (Formación Tiyuyacu). Esto corresponde temporalmente con la acreción del terreno Chaucha al oeste.

Las gravas de guijarros de cuarzo de la Formación Bestión suprayacen a volcánicos jóvenes (¿Formación Tarqui del Plioceno-Pleistoceno?) y pueden estar relacionadas con episodios glaciales recientes.

12.1.9 Depósitos de oro aluvial

Históricamente, los depósitos de oro aluvial fueron probablemente los primeros objetivos de la extracción por humanos y continuaron siendo atractivos durante las clásicas “fiebres del oro” del siglo XIX y, de hecho, hasta el día de hoy. Estos depósitos son atractivos, especialmente para los mineros artesanales, porque son relativamente fáciles de explotar. Los depósitos de oro aluvial han aportado una proporción sustancial de la producción mundial de oro, especialmente de los placeres de “clase mundial”, localizados mayoritariamente alrededor del Cinturón de Fuego del Pacífico (Henly y Adams, 1976). Ecuador limita con Perú y Colombia, ambos con placeres de oro aluvial de “clase mundial”.

En Ecuador, el oro se trabaja en sedimentos de ríos activos y en terrazas fluviales cortadas en muchos ríos de la Cordillera Real. Estos depósitos aluviales son generalmente estrechos y alargados (Pillajo y Báez, 1983), y ocupan valles fluviales profundamente incididos. El volumen de material aurífero suele ser pequeño y los sedimentos son polimícticos y muy inmaduros. Son comunes los bloques grandes (de varios metros de diámetro) y solo se utilizan métodos artesanales para extraer el oro. Es poco probable que las operaciones de dragado comercial a gran escala sean económicas en estas áreas bajo las condiciones actuales. Lejos de las laderas empinadas de la Cordillera, las áreas de terrazas más planas son a veces auríferas. El área del Río Palora-Río Sangay se caracteriza por valles aterrizados amplios y el oro se extrae de gravas de terraza polimícticas (Mapa 8a). Las gravas generalmente parecen carecer de bloques muy grandes y cubren varios kilómetros cuadrados. Un extenso horizonte de lahar volcánico subyace al aluvión y proporciona un “falso lecho” a las gravas auríferas. El área probablemente soportaría una operación de dragado, pero cualquier explotación comercial probablemente se vería obstaculizada por el estatus de Parque Nacional de la región.

También existen extensas terrazas aluviales y depósitos de oro aluvial activos en la región alrededor de Tena.

El origen del oro en los ríos y terrazas aluviales se atribuye en gran medida a las vetas de cuarzo mesotermales alojadas en zonas de cizalla (Jemielita y Bolaños, 1992). Esto se ve respaldado por los valores de pureza (finura) generalmente altos del oro aluvial cordillerano (Wolf, 1892; Morrison et al., 1991); sin embargo, no se pueden descartar otras fuentes primarias de oro y esto es apoyado por estudios limitados sobre la finura del oro aluvial (Beddoe-Stephens, 1987, 1989), que han revelado algo de oro aluvial rico en plata en algunos lugares. Las altas relaciones Ag/Au de muchas mineralizaciones primarias en la Cordillera Real (e.g. Mina Peggy-Río Ayllón, Guarumales, Pilzhum/San Bartolomé), indican fuentes probables para el oro aluvial rico en plata.

12.2 Historia metalogénica de la Cordillera Real del Ecuador

La historia geológica temprana de la Cordillera Real está dominada por el magmatismo relacionado con la subducción, la acreción de terrenos y la tectónica transpresional, resultantes de variaciones en la geometría de convergencia entre la(s) placa(s) oceánica(s) del Pacífico y el norte de la Sudamérica continental (Aspden et al., 1987; McCourt et al., 1984).

La historia metalogénica de la Cordillera Real, y de las áreas adyacentes, sigue de cerca la historia geológica de la región, tal como se resume en la Figura 8.

La mineralización de Sn-W está relacionada con la intrusión del batolito granítico de tipo S Tres Lagunas (Triásico, 226 Ma) y litologías asociadas, durante una fase de rifting en el margen continental de Gondwana.

La subsiguiente colisión de terrenos de la placa Chaucha fue seguida por una transpresión predominantemente dextral que dio lugar a una mineralización de cuarzo-oro de veta mesotermal, probablemente episódica y alojada en zonas de cizalla, a lo largo de suturas de terrenos y otras fallas, especialmente la falla Las Aradas-Baños, entre 220 Ma y 60 Ma.

Las cuencas de rift de arco de islas oceánicas del Jurásico (190-150 Ma) fueron sitios de mineralización de sulfuros masivos volcánicos (subdivisiones Alao-Paute y Upano), posteriormente acrecionados al borde continental hace unos 140 Ma.

El batolito de Zamora del Jurásico, un batolito de diorita-granodiorita de tipo I relacionado con la subducción, generó mineralización de skarn en techos colgantes volcano-sedimentarios del Triásico alrededor de los 190 Ma. Este episodio intrusivo también puede haber generado mineralización de oro-skarn.

A principios del Terciario (60 Ma), las intrusiones ultramáficas generaron a veces metales del grupo del platino, cromo, níquel y, posiblemente, mineralización de oro.

Durante el Terciario, prevaleció en la Cordillera Real y otras partes de Ecuador el magmatismo relacionado con la subducción y la mineralización asociada.

A principios y mediados del Terciario (ca. 40 Ma), plutones de granodiorita generaron mineralización de sulfuros diseminados dentro de sus márgenes externos y en las rocas de caja adyacentes.

La meteorización y erosión menor del Cretácico y mayor del Terciario Medio (Eoceno) de la Cordillera Real produjeron gravas de guijarros de cuarzo (de veta mesotermal) relativamente puras (Formaciones Tena y Tiyuyacu, respectivamente) que contienen oro aluvial. Los depósitos ocurren principalmente al este de la Cordillera Real a lo largo de la zona subandina.

A finales del Terciario, ocurrió una mineralización polimetálica relacionada con pórfidos a lo largo del margen occidental de la Cordillera Real, especialmente a lo largo de la falla Las Aradas-Baños y estructuras paralelas. En las litologías volcánicas y volcanoclásticas suprayacentes y comagmáticas, se generó mineralización epitermal de Ag-Au.

Desde todo el Terciario hasta tiempos recientes, se han formado depósitos de oro aluvial por la erosión de depósitos minerales de oro primario dentro de las litologías del basamento de la Cordillera Real.

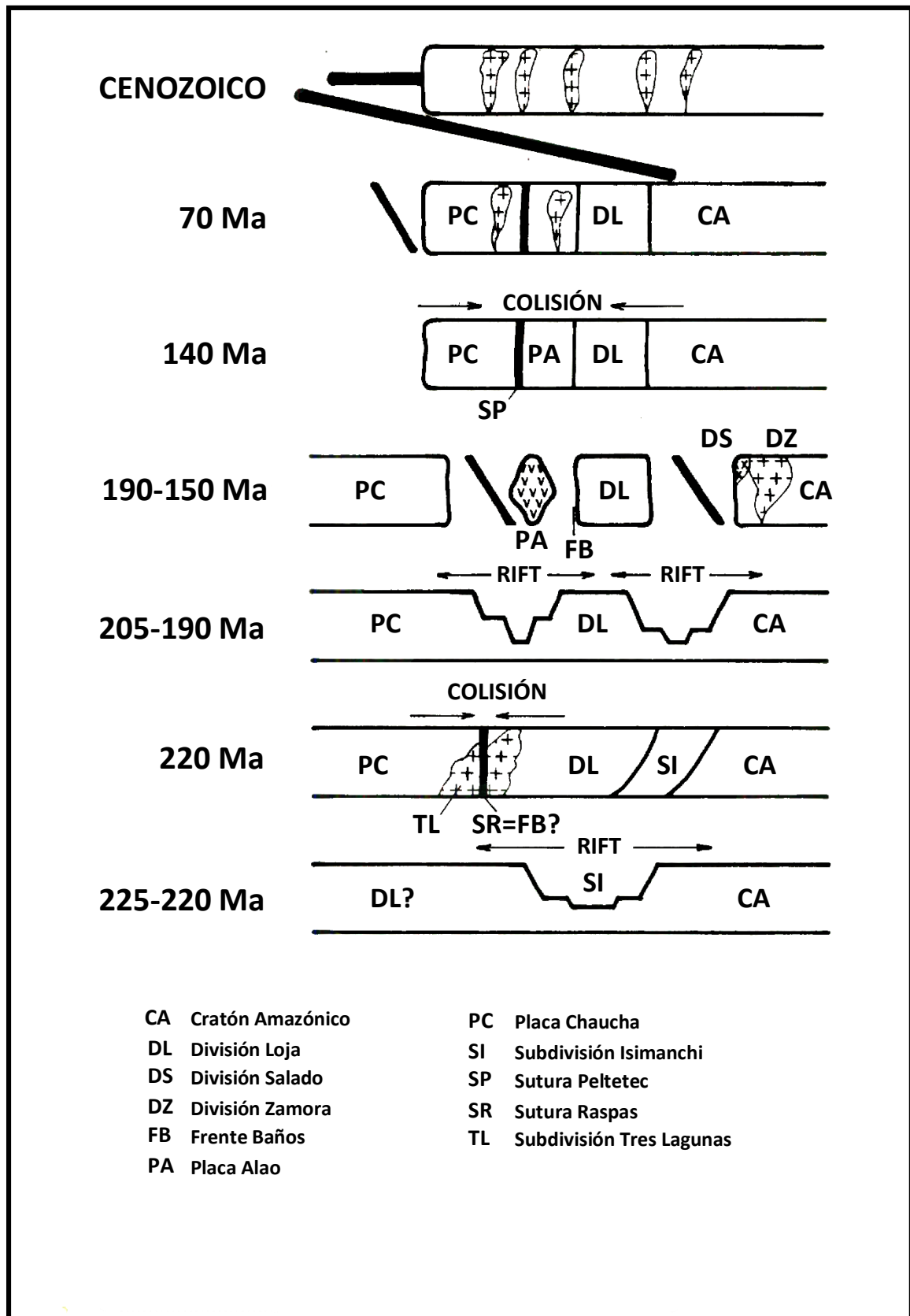


Figura 8. Diagrama de la historia geológica de la Cordillera Real del Ecuador (según Litherland et al., 1990).

12.3 Mineralización del Cinturón de Fuego del Pacífico y el Potencial Mineral de la Cordillera Real de Ecuador

La Cordillera Real de Ecuador posee características geológicas, cronológicas, mineralógicas y metalogénicas similares a otras regiones del Cinturón de Fuego del Pacífico, por ejemplo: Alaska (Goldfarb et al., 1987); Columbia Británica (McMillan et al., 1987), California (Bohlke y Kistler, 1986), Colombia (Aspden et al., 1987), Perú y Bolivia (Sillitoe, 1993; Fornari y Herail, 1991); y Nueva Zelanda (Craw, 1992).

Muchas de estas regiones tienen composiciones litotectónicas e historias de acreción/colisión del Mesozoico-Cenozoico similares en márgenes de placas oceánicas-continentales convergentes, y esto se refleja en sus inventarios de depósitos minerales similares.

La mineralización típica incluye depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos derivados de arcos de islas oceánicas; depósitos magmático-hidrotermales relacionados con la subducción (mineralización relacionada con pórfidos; mineralización epitermal hospedada en rocas volcánicas); y vetas o filones de cuarzo mesotermiales auríferos hospedados en zonas de cizalla. Esta última mineralización es también, probablemente, responsable de la ocurrencia común de campos de placeres de oro gigantes alrededor del Cinturón de Fuego del Pacífico (Henly y Adams, 1979), incluyendo muchas de las regiones mencionadas anteriormente.

Desde una perspectiva económica actual, los tipos de mineralización más prospectivos que se conocen ahora en la Cordillera Real y áreas adyacentes son:

- i) Sulfuros masivos volcanogénicos polimetálicos.**
- ii) Mineralización de oro-skarn.**
- iii) Mineralización polimetálica relacionada con pórfidos.**
- iv) Mineralización de metales preciosos, epitermal, alojada en rocas volcánicas.**
- v) Graveros o conglomerados de pebbles de cuarzo aurífero.**

Se pueden diseñar estrategias de exploración exitosas para la Cordillera Real y otras áreas de Ecuador, basadas en las ocurrencias conocidas de depósitos minerales en las regiones mejor exploradas y explotadas alrededor del Cinturón de Fuego del Pacífico.

13. AGRADECIMIENTOS

Richard A. Jemielita desea expresar su más profunda gratitud por la invaluable asistencia de su contraparte, el Ing. Johnson Bolaños (INEMIN-CODIGEM), tanto en el campo como en la oficina durante la mayor parte del proyecto. De igual manera, se reconoce y agradece al conductor Manuel Céleri. Otras contrapartes (Laureano Saltos y Gonzalo Aguilar), y conductores (César Vinuesa y José López), brindaron un valioso servicio periódicamente, por lo cual también se les agradece. Fabiola Alcocer mecanografió todos los informes de campo y un borrador preliminar de este informe. Otro apoyo de oficina fue proporcionado por Víctor Acitimbay, Ramiro Bermúdez y Wilson Bonilla.

Se agradece a los colegas, los doctores John Aspden y Martin Litherland, por proporcionar el marco geológico sin el cual este estudio de geología económica habría sido casi imposible. Su apoyo y aliento también son muy apreciados.

El Sr. Alex Hirtz proporcionó muestras, ayuda logística, acceso a propiedades y mucha información de gran utilidad.

Se agradece a otras organizaciones e individuos por la información, el acceso a propiedades y las útiles discusiones, incluyendo a Dave Andrews, Alan Carter, Edgar Salazar y Alan Wilson (RTZ); Joe Bartolino, Edgar Pillajo y Bob Rivera (Newmont); Tom Alford, Colin Bird, Andrew Rogers y Arthur Warden (Plateau Mining); Rudi Jahoda, Mike Potter y Jim Ross (Odin Mining/Ecuaminas); Michel Merlin (Misión Belga), David Coochey, Leonardo Elizalde y Napoleón Báez.

También deseo hacer un reconocimiento especial a los numerosos guías y cargueros reclutados en los pueblos y el campo, quienes brindaron un excelente servicio en condiciones a menudo difíciles, y a los mineros que con tanta frecuencia recibieron nuestras visitas con cortesía y generosidad.

14. REFERENCIAS

ARGUELLO J. F., CARRION Y LAMINA L. ANAGUANO (1989) Prospección geoquímica exploratoria de yacimientos metálicos oro-cobre-plomo-inc, Región de Oyacachi. Escuela Politécnica Nacional Conuep. Proyecto 86-0008 Informe Final. No publicado.

ASPDEN J. A. (compiler) (1990) Fourth annual report of the Cordillera Real Geological Research Project, Ecuador (1989-1990). Open-File Report of the British Geological Survey, Keyworth (in English) and of INEMIN, Quito (in Spanish). 300 pp.

ASPDEN J. A., FORTEY N., LITHERLAND M., VITERI, F. and HARRISON, S. M. (in press) Regional 'S-type' granites in the Ecuadorian Andes: possible remnants of western Gondwanaland break-up. *Journal of South American Earth Sciences*.

ASPDEN J. A., HARRISON S. H. and RUNDLE C. C. (1993) New geochronological control for the tectono-magmatic evolution of the metamorphic basement of the Cordillera Real and El Oro province, Ecuador. *Journal of South American Earth Sciences* 6, 112, 77-96.

ASPDEN J. A. and IVIMEY-COOK H. C. (in press) Nuevos datos paleontológicos del centro y sureste del Ecuador. *Boletín Geológico Ecuatoriano*, 3 (1).

ASPDEN J. A. and LITHERLAND M. (1992) The geology and Mesozoic collisional history of the Cordillera Real, Ecuador. *Tectonophysics*, 205, pp. 187-204.

ASPDEN J. A., LITHERLAND M. and SALAZAR E. (1988) Una interpretación preliminar de la historia colisional del centro y sur del Ecuador y posibles controles para la geología Cenozoica y de mineralización polimetálica. *Politécnica*, Vol. XIII, No. 3. Monografía de Geología 6, p.49-75. *Revista de Información Técnico-Científica*, Quito, Ecuador.

ASPDEN J. A., McCOURT W. J. and BROOK M. (1987) Geometrical control of subduction related magmatism; the Mesozoic and Cenozoic plutonic history of Western Colombia. *J. Geol. Soc. London*, 147: 893-905.

BALDOCK J. W. (1982) Geología del Ecuador: Boletín de la explicación del Mapa Geológico (1:1000000) de la República del Ecuador. (Quito: Dirección General de Geología y Minas)

BEDDOE-STEPHENS B. (1987) A pilot examination of alluvial and in situ gold and platinum from Ecuador. Mineralogy Petrology Research Group Report No. 87/3. British Geological Survey. Edinburgh.

BEDDOE-STEPHENS B. (1989) Mineralogical examination and analysis of samples from Ecuador. British Geological Survey Technical Report WG/89/1R. Mineralogy and Petrology Series. British Geological Survey, Edinburgh.

BOHLKE J. K. and KISTLER R. W. (1986) Rb-Sr, K-Ar, and stable isotope evidence for the ages and sources of fluid components of gold-bearing quartz veins in the Northern Sierra Nevada foothills metamorphic belt, California. *Econ. Geol.* Vol. 81, 296-322.

BONILLA W. (1987) Informe de comisión de apoyo a la Delegación Provincial del INEMIN en Zamora y de control de áreas mineras de la provincia de Loja. INEMIN, Quito. 87-09-04.

BOUJO A., VERA R., ALABOUVETTE B., PRIAN J. P., GRANDA B. y MALDONADO P. (1984) Proyecto fosfatos [Phosphate Project]. Dirección General de Geología y Minas – BRGM-CIEPER, Quito (Unpublished).

BRISTOW C. R. (1981) An annotated bibliography of Ecuadorian geology. Overseas Geol. and Miner. Resour., No. 58. Institute of Geological Sciences. HMSO.

CARRIÓN J. y VILLALBA F. (1981) Investigaciones uraníferas en el Ecuador. 1965-1980. [Uranium investigations in Ecuador]. *Politécnica, Quito*, Vol. VI, No. 4, 85-117.

CHACÓN Z. JUAN (1986) Historia de la minería en Cuenca. Universidad de Cuenca, Instituto de Investigaciones Sociales (I.D.I.S).

CLARKE, D. S., and GOVETT, G. J. S. (1990) Southwest Pacific epithermal gold: a rock-geochemistry perspective. *J. Geochem. Explor.*, 35, 225-240.

CLARKE M. C. G. (1989) Contribution to the understanding of the mineral potential of the Southern Ecuadorian Andes. Technical Report WC/89/12. British Geological Survey.

COLVINE A. C., FYON J. A., HEATHER, K. B., MARMONT S., SMITH P. M. and TROOP D. G. (1988) Archean Lode Gold Deposits in Ontario. Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 139. Mines and Minerals Division. Ministry of Northern Development and Mines.

CRAW D. (1992) Fluid evolution, fluid immiscibility and gold deposition during Cretaceous-Recent tectonics and uplift of the Otago and Alpine Schist, New Zealand. *Chem. Geol.* Vol. 98. 221- 236.

CRUZ M. (N.D.) Mountains of Ecuador. Dinediciones, Ecuador. 175 pp.

CUADRA W.A. and DUNKERLY P.M. (1991) A history of gold in Chile: *Econ. Geol.* V. 86, p. 1155-1173.

de COSTER A. (1987) Metallogenetic study of the mineralization at San Bartolomé and Sigsig. Internal Report, Muesee Royal de L'Afrique Central, Brussels (unpublished).

de GRYS A., VERA J. and GOOSSENS P. (1970) A note on the hot springs of Ecuador. *Geothermics* (1970). Special Issue 2. U.N. Symposium on the development and utilization of geothermal resources, Pisa 1970. Vol. 2, part 2. p. 1400-1404.

FORNARI M. and HERAIL G. (1991) Lower Paleozoic gold occurrences in the "Eastern Cordillera" of Southern Peru and Northern Bolivia: A genetic model. *Brazil Gold '91. The economics, geology, geochemistry and genesis of gold deposits.* p. 135-142.

FOZZARD P. M. (1985) San Bartolomé, Ecuador. In *Discoveries of Epithermal Precious Metals Deposits. Case Histories of Mineral Discoveries.* V.F. Hollister, editor. P. 115-116.

FRANKLIN J. M., SANGSTER D. M. and LYDON J. W. (1981) Volcanic-associated massive sulfide deposits. *Econ. Geol.* 75th Anniv. Vol. p. 485-627.

- GANSSEER A. (1973)** Facts and theories on the Andes. J. Geol. Soc. London, Vol. 129, pp. 93-131.
- GEMUTS I., LÓPEZ G. and JIMÉNEZ F. (1992)** Gold deposits of southern Ecuador. SEG Newsletter No. 11, Oct. 1992, p. 1 and 13- 16.
- GOLDFARB R. J., NELSON S. W., BERG H. C. and LIGHT T. D. (1987)** Distribution of mineral deposits in the Pacific Border Ranges and Coast Mountains of the Alaskan Cordillera. in Elliott, I. L., and Smee, B. W. (editors) Geoexpo/86. Exploration in the North American Cordillera. Assoc. Explor. Geochem. P. 19-41.
- GOOSSENS P. J. (1969)** Mineral Index map, Republic of Ecuador. Scale 1:1000000. UN-DGGM. Quito, Ecuador.
- GOOSSENS P. J. (1972a)** Metallogeny in Ecuadorian Andes. Econ. Geol. V. 67. p. 458-468.
- GOOSSENS P. J. (1972b)** Los yacimientos e indicios de los minerales metálicos y no metálicos de la República del Ecuador. Departamento de publicaciones. Universidad de Guayaquil.
- GRANT A. H., LAVIN O. P. and NICOL I. (1991)** The morphology and chemistry of transported gold grains as an exploration tool. J. Geochem. Explor., 40, p. 73-94.
- HENLY R. W., and ADAMS J. (1979)** On the Evolution of Giant Gold Placers. Trans. Inst. Min. Metall. Vol. 88, B41-B50.
- HOLLOWAY H. L. (1932)** Gold in Ecuador. The Mining Magazine (April). Vol. 46, No. 4, p. 219-223.
- HUTCHINSON R.W. (1980)** Massive base metal sulphide deposits as guides to tectonic evolution. In The Continental crust and the Mineral Deposits. Geol. Assoc. Canada Special Paper 20 pp. 659-684. Ed D.W. Strangway. Toronto Geol. Assoc. Canada.
- HUTCHISON C. S. (1983)** Economic deposits and their tectonic setting. MacMillan, London.
- INEMIN-MISIÓN BELGA (1988)** Inventario, clasificación y metalogenia de las mineralizaciones polimetálicas en el Ecuador (no publicado).
- IRVINE T. N. (1974)** Petrology of the Duke Island ultramafic complex, southeastern Alaska. Geol. Soc. America Mem. 138, 240 p.
- ISHIHARA S. (1981)** The granitoid series and mineralization. Econ. Geol. 75th Anniv. Vol. p. 458-484.
- ISSCHOT C. VAN (1901)** Les gîtes minéraux de L'Equateur (The mineral deposits of Ecuador). Ann. Mines Paris. Ser. 9. Vol 20 pp 97-102. (Abstract Trans. Inst. Min. Eng. 190-1903, Vol 25 p 833-834).
- JEMIELITA R. A. (1991a)** Informe técnico de comisión a las provincias de Azuay (Minas de San Bartolomé, Pilzhum, Sigsig) y Chimborazo (Alao, Peltetec, Condorazo) del 18 de febrero al 08 de marzo, 1991, INEMIN No 3674. Quito. (See Appendix F1).
- JEMIELITA R. A. (1991b)** Informe técnico de comisión de las áreas de: Isimanchi, Malacatus, Jimbura-Amaluza, Yangana, San Antonio, Saraguro, Sigsig, Pilzhum, del 05 al 29 de mayo, 1991, INEMIN No 5652. Quito. (See Appendix F2).

JEMIELITA R. A. (1991c) Informe técnico de comisión a las áreas de Gima-Moriré-Espíritu Playa, San Miguel de Cuyes, Matanga, Chiguinda, del 22 de julio al 09 de agosto, 1992 CODIGEM No 6355, Quito. (See Appendix F3).

JEMIELITA R. A. (1992) Informe técnico de comisión a las áreas de Río Palora-Tiririco-Río Benado-Río Sangay-Río Llushín del 07 al 18 de julio. No 2903. Quito. (See Appendix F8).

JEMIELITA R. A., ASPDEN J. and LITHERLAND M. (1992) The metallogenesis and mineral potential of the eastern Cordillera of Ecuador. Mineral Deposits Studies Group. Annual General Meeting. University of Aberdeen 6-7 January 1992. Programme and Abstracts. p.11.

JEMIELITA R. A. and BOLAÑOS J. (1991a) Informe técnico de comisión a las áreas de: Matanga, Río Santa Barbara-Río Ayllón; Principal; Ríos San Francisco-Ishpingo-Gualaceño; Sevilla de Oro-Ríos Collay-Pilares; Río Paute-Guarumales, realizada del 15 de septiembre al 04 de octubre, 1991. CODIGEM No 7096. Quito. (See Appendix F4).

JEMIELITA R. A. and BOLAÑOS J. (1991b) Informe técnico de comisión a: Macas-Río Upano, Osogochi-Cerro Pucurcu Grande-Cerro Tintillay-Cerro Soroche, Laguna Atillo-Laguna Negra (carretero Guamote-Macas) del 04 al 22 de noviembre, 1991, CODIGEM No 7662. Quito. (See Appendix F5).

JEMIELITA R. A. and BOLAÑOS J. (1992a) Informe técnico de comisión a: Cochapamba-Oyacachi-El Chaco- Río Oyacachi-Río San Juan Grande-Río Santa María-Cosanga-área de Cosanga-Río Coca-Río Payamino-Tena-área de Tena-área de Puyo-Baños, del 24 de febrero al 10 de marzo, 1992. No 0716. Quito. (See Appendix F6).

JEMIELITA R. A. and BOLAÑOS J. (1992b) Informe técnico de comisión a: Pimampiro-Sigsipamba-Río Mataui-Monte Olivo-Río San Miguel-Río Minas-Tuquer-El Cedral-Chamizo-La Bonita-Qda La Industria-La Sofía-Río Condué-Río Cofanes y afluentes, del 18 de mayo al 06 de junio, No 2737. Quito. (See Appendix F7).

JEMIELITA R. A. and BOLAÑOS J. (1992c) La ocurrencia y origen del oro aluvial en la Cordillera Real del Ecuador. Segundas Jornadas en Ciencias de la Tierra. Resúmenes, p. 150-152. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Geología, Minas y Petróleos. Diciembre 16-19, 1992, Quito, Ecuador.

JONES B. K. (1992) Application of metal zoning to gold exploration in porphyry copper systems. J. Geochem. Explor., 43, p. 127-155.

KENNERLEY J. B. (1980) Outline of the geology of Ecuador. Institute of Geological Sciences. Natural Environment Research Council. Overseas Geology and Mineral Resources. Number 55.

KRIPPENE K. (1960) A fortune in emeralds. ARGOSY-June 1960, p. 30-107.

LITHERLAND M. (compiler) (1987) First annual report of the Cordillera Real Geological Research Project, Ecuador (1986-1987). Open-File Report of the British Geological Survey, Keyworth (in English) and of INEMIN, Quito (in Spanish). 245 pp.

LITHERLAND M. (compiler) (1988) Second annual report of the Cordillera Real Geological Research Project, Ecuador (1986-1987) Open-File Report of the British Geological Survey, Keyworth (in English) and of INEMIN, Quito (in Spanish). 346 pp.

- LITHERLAND M. (compiler) (1989)** Third annual report of the Cordillera Real Geological Research Project, Ecuador (1988-1989). Open-File Report of the British Geological Survey, Keyworth (in English) and of INEMIN, Quito (in Spanish). 346 pp.
- LITHERLAND M. and ASPDEN J. A. (1992)** Terrane-boundary reactivation: A control on the evolution of the Northern Andes. *J. S. American Earth Sci.* 5, p. 71-76.
- LITHERLAND M., ASPDEN J. A., BERMÚDEZ R., VITERI F. and POZO M. (1990)** The geology and mineral potential of the Cordillera Real, Ecuador ODA/BGS/INEMIN (Unpublished).
- LITHERLAND M., FORTEY N. J. and BEDDOE-STEPHENS B. (in prep)** Newly discovered Jurassic skarnfields in the Ecuadorian Andes.
- McCOURT W. J., ASPDEN, J. A. and BROOK M. (1984)** New geological and geochronological data from the Colombian Andes: continental growth by multiple accretion. *J. Geol. Soc. London*, 141, 831-845.
- McMILLAN W. J., PANTELEYEV A. and HOY T. (1986)** Mineral Deposits in British Colombia: A Review of their Tectonic Settings. in Elliott, I.L., and Smee, B.W. (editors) *Geoexpo/86. Exploration in the North American Cordillera*. Assoc. Explor. Geochem. P.1-18.
- MEINERT L. D. (1988)** Gold in skarn deposits- a preliminary overview. *Proceedings 7th Quadrennial IAGOD Symposium*. 363-374.
- MERLYN M. y CRUZ M. (1986)** Informe técnico de la comisión realizada al área central de los Llanganates. *Ins. Ecuat. Minería No. 6452* (no publicado).
- MITCHELL A. H. G. and LEACH T. M. (1991)** Epithermal Gold in the Philippines: Island arc metallogenesis, geothermal systems and geology. *Academic Press. London*.
- MORRISON G. W., ROSE W. J. and JAIRETH S. (1991)** Geological and geochemical controls on the silver content (fineness) of gold in gold-silver deposits. *Ore Geology Reviews*, 6, p. 333-364.
- NALDRETT A. J. (1981)** Nickel sulfide deposits: Classification, composition and genesis. *Econ. Geol. 75th Anniv. Vol.* p. 628-685.
- NAVARRO C. M. (1986)** Investigación histórica de la minería en el Ecuador. 3 vols. Ministerio de Energía y Minas, Instituto Ecuatoriano de Minería, Quito, Ecuador. Also 2nd edition, 1990, Dirección de Industrias del Ejército, Quito, Ecuador.
- NESBITT B. E. and MUEHLENBACHS K. (1988)** Genetic implications of the association of mesothermal gold deposits with major strike-slip fault systems. *Univ. of Missouri, Rolla. N. American Conference on Tectonic Control of Ore Deposits*. 57-66.
- OVERSEAS PLATINUM CORPORATION (1988)** Report on the preliminary exploration of the Pindilig Concession, Ecuador. (unpublished).
- PAGE N. J., BRISKEY J. A. and MEI L. (1992a)** Platinum-group elements-occurrences in the Bethlehem porphyry copper deposits, Highland Valley, British Columbia. *U.S. Geol. Survey Bull.* F1-F7.
- PAGE N. J., BAGBY W. C., MADRID R. J. and MORING B. C. (1992b)** Platinum-group elements-occurrences in gold deposits in Nevada, Oregon and Idaho. *U. S. Geol. Survey Bull.* G1-G8.

PALADINES A. (1980) Mapa metalogénico del Ecuador. With a memoir. D.G.G.M., Quito, Ecuador.

PALADINES A. (1989) Zonificación geotectónica y metalogenia del Ecuador. INEMIN, Quito, Ecuador, 192 p.

PILLAJO E. (1982) Origen del oro aluvial en el Ecuador. Flysch V. 3. p. 48-73.

PILLAJO E. and BÁEZ N. (1983) Mapa del potencial aurífero aluvial de la República del Ecuador, escala 1:1000000. D.G.G.M., Quito, Ecuador (unpublished).

POZO M. (1990) Complejo ultramáfico Tampanchi. Minería Ecuatoriana No. 2 p 35-37.

PRETORIUS D. A. (1981) Gold and uranium in quartz-pebble conglomerates. Economic Geology, Seventy-Fifth Anniversary Volume. B. J. Skinner, editor. P. 117-138.

PUIG C. y PAZMIÑO H. (1990) Desarrollo minero de San Bartolomé. Minería Ecuatoriana No. 2 p 21-24.

PUTZER H. and SCHNEIDER-SCHERBINA A. (1958) Informe sobre investigaciones de yacimientos en el Ecuador. Misión Alemana de Cooperación Técnica Minera; DGGM, Quito. (no publicado).

RIBADENEIRA J. A. (1960) Varios Minerales. SNGM, archivo técnico No. 139-2 (no publicado).

SALAZAR E. (1988) Nambija: Conocimiento geológico y mineralógico hasta la presente. INEMIN, Quito. (no publicado).

SAUER W. (1965) Geología del Ecuador. Editorial del Ministerio de Educación. Quito, Ecuador.

SEVERNE B., PENAHERRERA P. F. and FIALLOS V. S. (1978) Uranium exploration in Ecuador. IAEA-AG, 162/12 pp 179-189.

SHEPHERD T. J. (1988) Fluid inclusion studies on rocks from the Nambija area and Portovelo. In Litherland, compiler (1988) p. 197-201. See reference above.

SILLITOE R. H. (1993) Gold and copper metallogeny of the Central Andes-past, present and future exploration objectives. Econ. Geol. Vol. 87, p. 2205-2216.

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINAS (1969) Mapa Geológico de la República del Ecuador. Escala 1:1'000.000.

STOLL W. C. (1962) Notes on the mineral resources of Ecuador. Econ. Geol. Vol. 57, p. 799-805.

TITLEY S. R. and BEANE R. E. (1981) Porphyry copper deposits. Part 1. Geologic settings, petrology, and tectogenesis. Economic Geology, Seventy-Fifth Anniversary Volume. B.J. Skinner, editor. P. 214-269.

TSCHOPP H. J. (1953) Oil explorations in the Oriente of Ecuador. Bull. Am. Assoc. Pet. Geol. v. 37, No. 10, p. 2303-2347.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969a) Survey of metallic and non-metallic minerals. Coal investigations (Operation No. 1, Cuenca, Biblián and Loja). Tech. Rep. U.N. Dev. Programme, Quito-New York, No. 1, Annex No. 1.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1969b) Survey of metallic and non-metallic minerals. Clays and Travertine (Operation No. 3, Cuenca). Tech Rep. U.N. Dev. Programme, Quito-New York No. 3, Annex No. 3.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1972a) Survey of metallic and non-metallic minerals (Phase II). Geochemical, geological and geophysical investigations near San Miguel (Azogues). Also in Spanish. (Investigaciones geoquímicas, geológicas y geofísicas cerca de San Miguel (Azogues).]. Tech. Rep. U.N. Dev. Programme, New York, No. 12.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1972b) Survey of metallic and non-metallic minerals (Phase II). Exploration for metallic minerals in southern Ecuador, Loja, El Oro. Operation No. 8. Systematic geochemical exploration and geological reconnaissance. Tech. Rep. U.N. Dev. Programme, New York, No. 13.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1972c) Survey of metallic and non-metallic minerals (Phase II). Exploration for metallic minerals in southern Ecuador, Loja, El Oro. Operation No. 8. Follow up evaluation of geochemical anomalies. Tech. Rep. U.N. Dev. Programme, New York, No. 14.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (1972d) Survey of metallic and non-metallic minerals (Phase II). The San Bartolomé silver prospect. Also in Spanish. [El prospecto de plata en San Bartolomé] Tech. Rep. U.N. Dev. Programme, New York, No. 17.

VAN THOURNOUT F. and PIEDRA J. (1986) Informe sobre la zona de Sardinias, Provincia de Napo. INEMIN, Quito. (no publicado).

VERA R. (1980) La fosforita uranifera, Río Chingual, Provincia del Napo. Politécnica (Quito) v. V, No. 2, p. 47-55.

VILLAVICENCIO M. (1858) Geografía de la República del Ecuador. New York, Robert Creughead. 2nd edition 1984, Corporación Editora Nacional. Quito, Ecuador.

VITERI F. and ASPDEN J. (1989) Informe técnico (INEMIN No. 1508) de la comisión realizada de 16 al 27 de febrero del presente año a las Provincias de Canar y Azuay, Canto Sigsig y Parroquia Chiguinda. In Litherland, compiler (1987). See reference above.

WILKINSON A. (1982) Exploration for phosphate in Ecuador. Trans. Inst. Min. Metall. V. 91, p. B130-B145.

WHITE N. H. and HEDENQUIST J. W. (1990) Epithermal Environments and styles of mineralization: variations and their causes, and guidelines for exploration. J. Geochem. Explor. 36, p. 445-474.

WHITE W. H., BOOKSTROM A. A., KAMILLI R. J., GANSTER M. W., SMITH R. P., RANTA D. E. and STEININGER R. C. (1981) Character and origin of Climax-type molybdenum deposits. Econ. Geol. 75th Anniv. Vol. p. 270-316.

WOLF T. (1892) Geografía y Geología del Ecuador. Brockhaus, Leipzig.

APÉNDICE A

Lista de hojas topográficas disponibles

Traducción al español por Stalyn Paucar (2026)

Tabla 1. Lista de hojas topográficas a escala 1:50000 disponibles (hasta 1992) publicadas por el I.G.M., y que cubren la Cordillera Real del Ecuador.

Hoja N°	Nombre	Edición	Hoja N°	Nombre	Edición
CT-ÑV-A3.3887-III	Alausí	1	CT-OII-D3	La Palmera	1
CT-NVII-D3.3780-III	Amaluza	1	CT-NVI-F4.3782-II	Loja Norte	2
CT-ÑIV-A4.3890-II	Ambato	1	CT-NVI-E2.3882-I	Los Encuentros	1
CT-ÑV-E1.3885-IV	Azogues	1	CT-OII-A2	María Magdalena	1
CT-OIII-C1	Baeza	1	CT-OII-E1.4094-IV	Mariano Acosta	1
CT-ÑIII-B2.3993-I	Cangahua	1	CT-NVI-D2.3783-I	Nabón	2
CT-ÑV-C3.3886-III	Cañar	1	CT-NVII-B1.3781-IV	Nambacola	1
CT-ÑVII-A4.3681-II	Cariamanga	2	CT-OII-E3.4094-III	Nevado Cayambe	1
CT-NVII-A2	Catacocha	1	CT-OIV-E3.4088-III	Nueva Huamboya	1
CT-NVI-F3.3782-III	Catamayo/La Toma	3	CT-ÑII-B4.3993-II	Oyacachi	1
CT-ÑII-F4	Cayambe	1	CT-ÑV-A2.3887-I	Palmira	1
CT-OIII-A1	Cerro Saraure	1	CT-OIV-E1.4088-IV	Palora	1
CT-ÑV-C4.3886-II	Cola de San Pablo	1	CT-ÑVI-C4.3883-II	Pangui	1
CT-ÑVII-A3.3881-III	Cord. de Tzunantza	1	CT-ÑIII-D2	Papallacta	1
CT-OIII-C3.4092-III	Cosanga	1	CT-ÑVI-E4.3882-I	Paquisha	1
CT-ÑIII-F1.3991-IV	Cotopaxi	2	CT-OII-C3.4095-II	Pimampiro	1
CT-NV-F4.3785-II	Cuenca	1	CT-ÑIII-D1.3992-IV	Píntag	2
CT-ÑV-E3.3885-III	Gualaceo	1	CT-OII-F1	Puerto Libre	1
CT-OIII-D1.4195-IV	El Calvario	1	CT-OIV-A2.4090-I	Puerto Misahualí	1
CT-NVI-B2.3784-I	Girón	2	CT-OIV-A1.4090-IV	Puerto Napo	1
CT-NVII-B3.3781	Gonzanamá	2	CT-OIV-C1	Puyo	1
CT-ÑV-E2.3885-I	Guachapalá	1	CT-ÑIV-C2.3889-1	Quero	1
CT-ÑV-E3.3885-III	Gualaceo	1	CT-ÑIII-B3	Sangolquí	1
CT-ÑIV-E4.3888-II	Guamote	1	CT-ÑIV-E2.3888-I	Riobamba	1
CT-ÑIV-C4.3889-II	Guano	1	CT-NVII-F3	Río Blanco	1
CT-ÑVII-A2.3881-I	Guaysimi	1	CT-NVII-C2.3680-I	Río Calvas	2
CT-OII-C2.4095-I	Huaca	1	CT-ÑIII-F4	Río Chalupas	1
CT-ÑV-C2.3886-I	Huangra	1	CT-OII-E2	Río Cofanes	1
CT-ÑII-D4.3995-II	Ibarra	1	CT-OII-E4	Río Due Grande	1
CT-ÑV-C1.3886-IV	Juncal	1	CT-NVII-F2.377-I	Río Mayo	2
CT-NVII-F1.37-IV	Laguna Cox	1	CT-ÑIV-B2	Río Mulatos	1
CT-ÑIII-F3.3991-III	Laguna de Antejos	1	CT-NVII-B2.3781-I	Río Sabanilla	2
CT-ÑIII-D4.3992-II	Laguna de Micacocha	1	CT-ÑIV-A2.3890-1	Salcedo	1
CT-ÑIII-E4	Latacunga	1	CT-NVI-F1.3782-IV	Santiago	3
CT-NVI-F3.3782-III	La Toma	2	CT-NVI-D4.3783-II	Saraguro	2
CT-NVII-D1.3780-IV	Las Aradas	2	CT-OIV-F1.4188-IV	Sarayacu	1
CT-OII-C4	La Bonita	1	CT-OIII-E1.4091-IV	Sardinas	1
CT-NVI-F2.3782-I	Las Juntas	2	CT-NVI-D3.3783-III	Selva Alegre	3
CT-OIII-A4.4093-II	Las Palmas	1	CT-ÑVI-A1.3884-IV	Sigsig	1

Tabla 2. Lista de hojas topográficas a escala 1:25000 disponibles (hasta 1992) publicadas por el I.G.M., y que cubren la Cordillera Real del Ecuador.

Hoja N°	Nombre	Edición
CT-ÑIV-D1a.3989-IVNW	Baños	1
CT-ÑVI-D3c.3989-IIISW	Cerros Negros	1
CT-ÑIV-F1a.3988-IVNW	Laguna Pintada	1
CT-OII-E3a.4094-IIINW	Laguna San Marcos	1
CT-ÑV-B1c.3987-IVSW	Laguna de Tinguichaca	1
CT-ÑIV-B3c.3990-IIISW	La Joya	1
CT-ÑIV-B3d.3990-IIISE	Los Llanganates	1
CT-ÑIV-D3a.3989-IIINW	Palitahua	1
CT-ÑV-B3a.3987-IIINW	Purshi	1
CT-ÑV-B3c.3987-IIISW	Río Abanico	1
CT-ÑIII-F2b.3991-INE	Río Antisana	1
CT-OIII-A1c.4093-IVSW	Río Cascabel	1
CT-ÑIV-F3c.3988-IIISW	Río Culebrillas	1
CT-OIII-A1a.4093-IVNW	Río Hualaringo	1
CT-ÑV-B1a.3987-IVNW	Río Mismahuanchi	1
CT-ÑIV-F1c.3988-IVSW	Río Palora	1
CT-ÑIII-F2a.3991-INW	Río del Valle Vicioso	1
CT-ÑIV-D1d.3989-IVNE	Río Verde	1
CT-ÑIII-F2d.3991-ISE	Río Veacu	1
CT-ÑIII-D3b.3992-IIINE	Sincholagua	2
CT-ÑIV-D1c.3989-IVSW	Volcan Tungurahua	1

APÉNDICE B

Lista de hojas geológicas disponibles

Traducción al español por Stalyn Paucar (2026)

Tabla 1. Lista de hojas geológicas disponibles publicadas por DGGM/INEMIN/CODIGEM, y que cubren la Cordillera Real del Ecuador, escala 1:100000

Nº	Nombre	Edición	Año
39	Cariamanga	1	1973
40	Macará	1	1974
55	Saraguro	1	1973
56	Loja	1	1975
57	Gonzanamá	1	1975
58	Las Aradas	1	1979
59	Zumba	1	1979
69	Chimborazo	1	1976
70	Riobamba	1	1978
71	Alausí	1	1975
72	Cañar	1	1975
73	Azogues	Provisional	1980
75	Gualaquiza	Provisional	1989
76	Paquisha	Provisional	1989
85	Píntag	Provisional	1986
86	Chalupas	Provisional	1986
87	San José de Poaló	Provisional	1986
88	Baños	Provisional	1980
90	Macas	Provisional	1989
96	Tulcán	Provisional	1986
97	San Gabriel	Provisional	1986
98	Mariano Acosta	Provisional	1989
99	Reventador	Provisional	1989
100	Baeza	Provisional	1986
101	Tena	Provisional	1986-1987
102	Puerto Napo	Provisional	1986
103	Puyo	Provisional	1980

Tabla 2. Lista de hojas geológicas disponibles publicadas por DGGM/INEMIN/CODIGEM, y que cubren la Cordillera Real del Ecuador, escala 1:50000

Nº	Nombre	Edición	Año
73-NW	Azogues	1	1977
74-NW	Sigsig	Por publicar	

APÉNDICE C

Lista de mapas de campo – Geología Económica

Traducción al español por Stalyn Paucar (2026)

Tabla 1. Mapas de campo – Proyecto Cordillera Real. Geología Económica
Escala 1:50000

Mapa	Travesía
1	Río Alao - Condorazo
2a	Amaluza - Laguna Cox - Río Isimanchi
2b	Las Aradas
2c	Yangana
2d	Gonzanamá (Cerro Minas)
2e	Santiago
2f	Saraguro
2g	Nabón (Shincata - Betas)
2h	Sigsig - Mina Peggy
2i	Pilzhum
3a	San Miguel de Cuyes - Chigüinda
4a	Principal, Sigsig, Gualaceo, Córdova y Guachapala
4b	Río Paute (Amaluza - Guarumales)
4c	Urdaneta - Río Negro
5a	Ríos Abanico y Upano
5b	Cerro Soroche - Laguna Cubillín - Laguna de Atillo
6a	Río Oyacachi
6b	Río Cosanga
6c	Tena - Río Napo
6d	Río Topo
7a	Río Mataquí - Río Blanco
7b	Río Minas, Quebrada Juan Ibarra y El Playón de San Francisco
7c	Santa Bárbara - La Bonita
7d	La Bonita - La Sofía - Quebrada La Industria
8a	Río Palora
8b	Río Llushín

APÉNDICE D

Resultado de los análisis, Cordillera Real

Traducción al español por Stalyn Paucar (2026)

Tabla 1. Sulfuros masivos volcanogénicos

Ubicación	Muestra	Au ppb	Ag ppm	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Te ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cd ppm	Ba ppm	Cr ppm	Ni ppm	Co ppm	V ppm	Mo ppm	W ppm	Sn ppm	La ppm	Y ppm	K %	Na %	Ca %	Sr ppm	Mg %	Al %	Fe %	Mn ppm
Guarumales (Mapa 4b)	26-9-91-8	42	1.2	17	<5	<5	<10	490	170	464	1.8	88	14	26	14	16	6	<20	<20	7	7	0.22	0.06	0.32	8	5.38	2.37	5.20	1115
	26-9-91-9	2433	>50	>2000	657	56	<10	13198	>10000	>20000	233.9	1105	2	36	<1	20	44	42	22	1	8	0.03	0.07	4.01	57	5.46	1.15	>10	582
	26-9-91-10	136	4.0	18	<5	12	<10	158	160	213	1.4	37	2	<1	38	2	2	<20	<20	2	1	0.02	0.06	0.03	<1	7.34	3.44	>10	390
	26-9-91-11	174	8.5	156	91	11	<10	500	1984	5462	26.3	318	<1	6	9	5	5	<20	<20	3	16	0.09	0.07	7.94	152	6.75	0.97	>10	1112
	26-9-91-12	108	7.5	230	16	6	<10	739	1386	3231	19.1	240	5	21	19	5	12	<20	22	2	4	0.13	0.07	0.44	9	4.71	1.65	>10	291
	26-9-91-13		>50	532	147	47	<10	1625	>10000	>20000	668.1	103	<1	48	<1	1	37		24	<1	2	0.02	0.06	1.32	30	2.22	0.09	>10	683
	26-9-91-14	8	18.4	106	166	<5	<10	727	3685	8903	35.8	280	3	2	2	2	4	<20	<20	10	8	0.17	0.08	1.08	20	1.23	0.39	2.66	270
	DA-5363	1017	>50	440	552	36	31	3651	>10000	>20000	729.4	70	105	54	5	11	76	444	<20	<1	1	0.03	0.02	0.11	6	3.44	1.09	>10	250
	DA-5364	239	21.8	23	7	10	<10	359	4241	8149	45.2	315	3	3	14	28	10	<20	24	<1	1	0.14	0.02	0.02	3	5.19	2.15	>10	230
	DA-5365	2510	>50	385	1228	15	<10	2265	>10000	>20000	157.2	433	8	55	<1	21	67	<20	27	<1	<1	0.02	0.01	0.03	8	0.33	0.11	>10	109
Minas Pilas (Mapa 1)	17-6-91-1	479	<0.2	<5	<5	<5	<10	27	24	7	<1	58	66	4		4	10	<20	<20	<1	2	0.12	0.01	<0.01	<1	<0.01	0.22	>10	>100

Tabla 2. Skarns

Ubicación	Muestra	Au ppb	Ag ppm	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Te ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cd ppm	Ba ppm	Cr ppm	Ni ppm	Co ppm	V ppm	Mo ppm	W ppm	Sn ppm	La ppm	Y ppm	K %	Na %	Ca %	Sr ppm	Mg %	Al %	Fe %	Mn ppm
Qda. La Industria (Mapa 7d)	26-5-92-2	7	<0.2	10	<5	<5	<10	131	9	15	<1	23	175	18	9	26	3	<20	<20	15	13	0.12	0.08	1.91	131	0.09	1.04	1.52	10
	28-5-92-1	<5	<0.2	20	<5	7	<10	86	12	120	1	58	95	29	19	61	12	<20	<20	9	11	0.21	0.05	1.65	82	0.34	1.43	3.35	30
	28-5-92-2	<5	<0.2	7	<5	6	<10	90	8	19	<1	43	61	10	16	52	4	<20	<20	8	10	0.22	0.06	1.59	67	0.32	1.35	2.36	20

Tabla 3. Mineralización relacionada a granodioritas

Ubicación	Muestra	Au ppb	Ag ppm	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Te ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cd ppm	Ba ppm	Cr ppm	Ni ppm	Co ppm	V ppm	Mo ppm	W ppm	Sn ppm	La ppm	Y ppm	K %	Na %	Ca %	Sr ppm	Mg %	Al %	Fe %	Mn ppm
Yangana-Río Chiriguana (Mapa 2c)	15-5-91-2	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	2	15	<1	<1	55	117	9	3	5	8	<20	<20	15	2	0.35	0.02	0.02	6	0.02	0.41	1.79	<1
	15-5-91-3	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	8	6	<1	<1	22	99	4	1	3	1	<20	<20	14	3	0.15	0.04	<0.01	3	0.03	0.28	0.46	<1
	15-5-91-4	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	154	<2	3	<1	16	158	5	2	6	107	<20	<20	15	1	0.13	<0.01	<0.01	<1	0.02	0.32	5-15	<1
	15-5-91-5	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	2	<2	64	<1	52	75	14	8	4	15	<20	<20	13	2	0.22	0.02	<0.01	2	0.02	0.38	1.93	<100
	15-5-91-6	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	4	<2	<1	<1	32	55	4	3	1	81	<20	<20	2	<1	0.18	0.02	<0.01	2	0.01	0.32	2.19	<1
Río Ishpingo (Mapa 4a)	25-9-91-3	319	28.9	31	17	9	<10	2346	56	42	0.09	29	4	13	13	4	90	<20	<20	5	<1	0.21	0.07	0.02	2	0.11	0.31	4.02	45
	25-9-91-5	104	2.6	124	15	10	<10	78	16	6	0.05	26	7	7	13	13	30	<20	<20	<1	<1	0.16	0.06	<0.01	3	0.05	0.32	8.56	66
	25-9-91-6	25	0.6	8	<5	<5	<10	111	75	222	2.6	92	11	17	10	33	2	<20	<20	12	9	0.19	0.13	0.15	11	3.08	2.46	4.59	626
	3334	13	0.9	9	21	<5	<10	278	15	69	0.3	29	57	25	20	90	2	<20	<20	6	16	0.16	0.07	0.07	14	3.66	2.02	6.77	393
	3335	19	2.1	14	11	<5	<10	27	7	1	0.8	56	77	8	3	3	3	<20	<20	2	<1	0.28	0.02	<0.01	3	0.05	0.42	4.48	23
	3336	140	16.4	20	16	<5	<10	1353	17	6	<0.2	34	64	17	27	3	36	<20	<20	4	<1	0.30	0.01	<0.01	2	0.05	0.45	3-77	22
	3337	18	1.5	144	13	<5	<10	65	19	4	<0.2	45	93	7	2	4	10	<20	<20	9	2	0.22	0.02	<0.01	3	0.10	0.42	1.37	64
	3339	36	1.6	58	13	<5	<10	60	15	2	0.6	46	70	5	7	3	1	<20	<20	3	1	0.27	0.02	0.01	4	0.04	0.41	5.22	14
	3340	90	2.9	150	22	<5	<10	83	12	6	0.5	30	104	4	<1	13	30	<20	<20	<1	<1	0.20	0.01	0.01	6	0.05	0.38	7.19	34
	3341	21	3.9	10	10	<5	<10	212	26	2	0.3	30	63	11	12	3	20	<20	<20	6	<1	0.33	0.01	<0.01	3	0.05	0.53	1.96	14
Amaluza-Río Paute (Mapa 4b)	26-9-91-1	84	5.5	43	11	<5	<10	33	83	174	1.7	154	4	7	2	1	4	<20	<20	<1	2	0.15	0.10	0.01	3	0.56	0.43	3.61	91
	26-9-91-2	68	3.8	21	<5	<5	<10	15	26	92	0.6	83	3	3	1	<1	<1	<20	<20	1	1	0.10	0.13	<0.01	3	0.51	0.47	2.37	86
	26-9-91-4	<5	1.8	10	<5	<5	<10	46	14	158	1.5	69	4	3	1	2	<1	<20	<20	3	2	0.42	0.13	0.02	4	1.81	1.07	2.15	233
	26-9-91-7	20	0.7	9	<5	<5	<10	61	27	561	9.4	63	2	1	2	3	2	<20	<20	6	5	0.49	0.14	0.08	6	1.53	1.01	3.01	546
Salado-Río Upango (Mapa 5a)	5-11-91-1	11	0.3	<5	9	<5	<10	58	30	70	0.7	199	80	67	11	118	7	<20	<20	4	3	0.37	0.52	3.17	150	2.19	5.12	4-77	421
	5-11-91-2	<5	<0.2	11	8	<5	<10	39	18	18	0.4	34	57	61	6	74	8	<20	<20	2	7	0.05	0.12	2.19	78	0.44	2.62	3.64	355
	5-11-91-3	7	0.3	<5	<5	<5	<10	98	34	41	1.3	60	52	28	13	95	4	<20	<20	7	5	0.08	0.28	3.07	144	1.87	5.82	4-37	392
	5-11-91-4	11	0.2	423	6	<5	<10	63	27	15	0.2	51	70	32	13	119	2	<20	<20	6	8	0.11	0.27	3.03	148	0.67	5.26	3-97	184

Tabla 4. Mineralización relacionada a pórfidos

Ubicación	Muestra	Au ppb	Ag ppm	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Te ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cd ppm	Ba ppm	Cr ppm	Ni ppm	Co ppm	V ppm	Mo ppm	W ppm	Sn ppm	La ppm	Y ppm	K %	Na %	Ca %	Sr ppm	Mg %	Al %	Fe %	Mn ppm
Isimanchi (Mapa 2a)	9-5-91-7	171	16.6	10	7	26	11	3626	1318	10457	63.3	40	52	22	29	66	11	<20	<20	3	14	0.42	<0.01	2.47	25	2.01	2.01	4.88	3300
Loma del Loro- Saraguro (Mapa 2f)	17-5-91-1	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	17	10	71	<1	351	51	5	6	19	1	<20	<20	13	4	0.21	0.05	3.75	144	0.39	0.46	1.69	600
	17-5-91-2	10	<0.2	9	<5	<5	<10	10	2	54	<1	112	26	14	12	62	<1	<20	<20	10	6	0.16	0.03	6.33	47	1.65	2.37	3.43	600
	17-5-91-3	13	0.2	47	<5	<5	<10	32	22	86	<1	45	40	13	13	76	<1	<20	<20	8	7	0.09	0.06	4.02	42	1.17	1.75	4.07	500
	17-5-91-4	13	0.2	16	<5	<5	<10	44	7	40	<1	15	297	10	10	6	3	<20	<20		2	0.04	<0.01	0.04	2	0.26	0.41	2.30	100
	17-5-91-5	12	<0.2	<5	<5	<5	<10	101	7	197	<1	459	68	42	21	112	3	<20	<20	3	13	0.31	0.03	7.92	113	2.37	3.01	4.10	1400
	17-5-91-6	26	0.5	22	12	<5	<10	81	37	157	<1	69	35	29	12	49	3	<20	<20	19	19	0.44	0.02	3.64	92	1.00	1.30	3.34	1400
	17-5-91-7	<5	0.5	42	7	<5	<10	8	10	32	<1	46	28	2	3	3	<1	<20	<20	14	3	0.30	0.01	0.20	12	0.03	0.72	0.42	<1
	17-5-91-8	104	11	104	21	<5	<10	12	29	138	<1	99	37	3	4	3	<1	<20	<20	12	2	0.40	<0.01	0.03	89	0.02	0.75	1.02	100
	17-5-91-9	822	7.2	1143	28	<5	<10	41	91	162	<1	47	35	3	3	4	<1	<20	<20	12	4	0.47	0.01	0.26	18	0.03	0.75	1.89	500
17-5-91-10	7	<0.2	15	<5	<5	<10	23	6	62	<1	57	36	3	3	21	<1	<20	<20	13	7	0.07	0.10	0.32	51	0.03	0.62	0.75	<1	
Cerro Puglla- Saraguro (Mapa 2f)	17-5-91-11	7	<0.2	<5	<5	<5	<10	26	4	79	<1	52	39	10	19	85	<1	<20	<20	8	9	0.05	0.12	0.49	51	1.64	2.43	3.76	600
	17-5-91-12	73	<0.2	73	5	<5	<10	52	24	3	<1	64	124	11	13	5	15	<20	<20	1	2	0.11	0.03	0.02	18	0.02	0.45	2.50	<1
	17-5-91-13	94	<0.2	33	<5	<5	<10	18	21	3	<1	47	109	17	19	7		<20	<20	1	2	0.12	0.04	0.03	62	0.02	0.51	3.53	<1
	17-5-91-14	22	<0.2	20	<5	<5	<10	18	35	12	<1	45	63	7	7	9	2	<20	<20	<1	<1	0.26	0.12	0.02	107	0.01	1.06	0.57	<1
	23-9-91-1	217	0.4	85	10	<5	<10	75	57	13	1.1	66	9	15	17	5	31	<20	<20	<1	1	0.09	0.07	0.02	41	0.05	0.35	4.54	102
	DA-1357	72	<0.2	47		<5	<10	55	35	67	0.7	142	23	23	20	46	14	<20	<20	8	17	0.16	0.09	0.23	65	1.47	1.63	3.20	200
DA-1370	<5	<0.2	19		23	12	18	360	18	<0.2	408	4	5	4	6	4	<20	<20	<1	<1	0.04	0.07	0.02	17	0.02	0.05	2.32	40	
Mina Peggy- Sigisig (Mapa 2h)	25-5-91-2	2360	30.7	>2000	144	>2000	11	4763	289	526	<0.2	12	96	43	140	<1	2	<20	88	<1	2	0.04	0.05	0.06	6	0.02	0.09	>10	34
	25-5-91-5	16	26.4	>2000	17	54	<10	498	48	46	<0.2	42	87	10	9	<1	118	<20	42	1	2	0.07	0.05	0.01	20	0.03	0.13	5.99	27
	25-5-91-6	38	32.1	>2000	31	719	<10	9126	30	220	<0.2	34	129	16	37	<1	2	21	110	6	4	0.07	0.04	0.21	89	0.09	0.19	>10	274
	26-5-91-1	42	>50	1848	82	401	40	>20000	299	4473	24	12	121	16	16	<1	<1	489	574	<1	1	0.13	0.26	0.09	14	0.17	0.11	>10	1773
	26-5-91-2	175	>50	>2000	29	219	<10	>20000	57	892	<0.2	34	100	20	51	<1	2	22	526	4	5	0.08	0.04	0.33	50	0.07	0.20	9.20	532
	26-5-91-3	84	11.1	>2000	17	176	<10	4191	17	164	<0.2	89	162	16	25	<1	3	<20	45	7	5	0.03	0.04	0.13	117	0.02	0.14	5.57	149
	26-5-91-4	<5	2.7	194	17	110	<10	921	42	115	0.9	49	100	18	7	2	3	<20	37	1	5	0.04	0.05	0.20	17	0.08	0.18	7.5	390
	26-5-91-6	<5	4.5	249	<5	<5	<10	169	211	742	3.2	142	40	17	13	26	<1	<20	36	3	2	0.37	0.05	0.13	23	0.31	0.71	5	542
	26-5-91-7	28	29.9	>2000	33	12	<10	245	2063	1560	<0.2	91	90	26	6	2	13	<20	129	1	<1	0.21	0.04	<0.01	10	0.04	0.32	4.52	110
	26-5-91-8	<5	4.5	374	6	<5	<10	77	499	3025	17.8	79	30	1	<1	<1	<1	<20	35	1	3	0.36	0.05	0.02	3	0.15	0.54	4.35	460
	26-5-91-9	2660	>50	>2000	207	110	<10	221	>10000	1523	11.8	5	36	61	27	<1	3	395	145	<1	2	0.06	<0.01	<0.01	4	<0.01	0.13	>10	100
	26-5-91-10	2313	>50	>2000	59	1251	<10	1066	417	66	46.9	5	70	20	75	<1	<1	1242	96	2	2	0.05	<0.01	<0.01	16	<0.01	0.09	>10	200
	26-5-91-10A	219	>50	>2000	55	19	<10	1457	5195	>20000	916.5	50	45	<1	11	21	<1	<20	1242	<1	3	0.41	0.24	0.48	6	0.51	0.71	6.17	1119
	26-5-91-11		2.1	>2000	30	<5	<10	1200	<2	1558	<0.2	7	10	<1	<1	<1	5	<20	94	<1	2	0.05	0.03	0.01	<1	0.01	1.3	>10	95
	27-5-91-1	109	5.4	>2000	20	61	<10	67	48	119	<0.2	22	156	12	4	1	4	<20	79	<1	<1	0.07	0.04	0.01	7	0.02	0.1	1.41	89
	27-5-91-2	25	4.7	692	7	22	<10	55	38	25	<0.2	31	63	2	<1	2	31	<20	49	6	1	0.33	0.04	<0.01	14	0.05	0.42	1.42	20
	27-5-91-5	<5	3.6	55	<5	7	<10	10	44	176	1.5	66	67	4	1	4	<1	24	<20	19	2	0.30	0.04	<0.01	3	0.06	0.60	0.46	70
	27-5-91-6	<5	4.3	388	<5	11	<10	41	309	188	<0.2	110	27	1	1	1	3	<20	<20	5	3	0.48	0.05	<0.01	5	0.03	0.60	0.02	20
	27-5-91-7	21	16.7	76	11	7	<10	46	1210	715	14.1	99	60	24	17	9	3	<20	71	4	1	0.37	0.05	0.14	17	0.19	0.73	2.67	243
	26-6-91-3	23	50	557	<5	6	<10	69	10	76	<0.2	178	62	2	<1	<1	4	<20	23	7	2	0.32	0.05	<0.01	4	0.07	0.73	0.81	24
	DA-1352	16	8.3	1073	14	18	11	120	24	12	<0.2	118	4	2	<1	<1	3	<20	77	5	3	0.34	0.06	0.01	7	0.09	0.60	2.11	41
	DA-1353	395	8.5	>2000	72	5	<10	39	89	189	0.4	77	23	8	11	7	2	<20	<20	14	4	0.78	0.07	0.28	8	0.12	1.09	2.95	393

Tabla 5. Mineralización epitermal alojada en volcánicos

Ubicación	Muestra	Au ppb	Ag ppm	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Te ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cd ppm	Ba ppm	Cr ppm	Ni ppm	Co ppm	V ppm	Mo ppm	W ppm	Sn ppm	La ppm	Y ppm	K %	Na %	Ca %	Sr ppm	Mg %	Al %	Fe %	Mn ppm
Tierras Coloradas (Mapa Río Calvas)	7-5-91-1	<5	<0.2	17	<5	<5	<10	20	10	<1	<1	8	133	4	<1	19	2	<20	<20	<1	<1	<0.01	<0.01	<0.01	1	<0.01	0.19	3.52	<1
	7-5-91-2	6	<0.2	10	<5	<5	<10	125	32	2	<1	13	43	2	3	136	<1	<20	<20	<1	4	0.05	<0.01	<0.01	2	0.03	1.69	<10	<1
	7-5-91-3	6	<0.2	25	<5	<5	<10	59	4	<1	<1	5	19	1	<1	64	<1	<20	<20	<1	1	0.03	<0.01	0.04	5	0.02	1.43	6.17	<1
	7-5-91-4	<5	<0.2	8	<5	<5	<10	18	<2	5	<1	40	130	4	<1	42	5	<20	<20	1	<1	0.01	<0.01	0.05	16	0.12	0.67	3.72	100
	7-5-91-7	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	15	2	3	<1	47	149	7	3	14	3	<20	<20	<1	1	0.03	0.15	0.29	161	0.08	0.48	0.76	100
Cariamanga	7-5-91-CM	<5	<0.2	95	<5	<5	<10	22	5	<1	<1	27	10	11	10	16	<1	<20	<20	<1	<1	0.01	<0.01	<0.01	40	<0.01	1.44	4.34	<1
Gima-Cerro Colorado (Mapa 3a)	DA-5355	149	3	51	6	8	<10	287	67	16	1	122	21	13	10	4	2	<20	<20	<1	<1	<0.01	0.01	0.02	4	0.01	0.26	5.78	71
	DA-5356	228	3.7	150	14	7	<10	286	45	11	0.8	233	11	4	6	1	<1	<20	<20	<1	<1	<0.01	0.01	<0.01	3	<0.01	0.08	4.46	44
	DA-5357	143	0.6	61	5	7	<10	99	25	15	0.4	20	4	<1	<1	5	2	<20	<20	<1	<1	0.01	0.01	<0.01	2	<0.01	0.12	3.63	12
	DA-5358	121	0.8	170	13	6	<10	111	88	45	0.3	758	4	1	<1	5	2	<20	<20	<1	<1	0.01	0.01	<0.01	2	<0.01	0.07	4.21	19
	DA-5359	540	4.3	207	135	47	<10	52	26	8	0.3	13	35	11	<1	1	7	<20	72	<1	<1	0.02	0.01	<0.01	3	<0.01	0.10	2.32	27
	DA-5360	107	3.3	30	15	6	<10	12	179	54	0.6	253	180	65	1	<1	29	<20	<20	<1	<1	0.01	0.01	<0.01	4	<0.01	0.05	1.19	56
	DA-5361	451	0.8	17	<5	<5	<10	8	17	13	0.9	15	39	11	<1	2	5	<20	<20	<1	<1	0.01	0.01	<0.01	1	<0.01	0.10	1.73	37
	DA-5362	4259	1.4	240	13	9	10	57	40	101	0.8	34	44	17	2	5	7	<20	30	<1	<1	0.01	0.01	0.17	3	<0.01	0.06	8.51	250
DA-5366	716	6.8	334	257	22	24	77	358	57	<0.2	37	17	<1	<1	56	30	<20	<20	<1	<1	0.04	0.03	<0.01	40	0.01	1.24	>10	43	
Cuchil-Satunsaray (Mapa 4a)	22-9-91-1	80	1.6	45	5	<5	<10	45	157	15	1	285	5	6	9	16	7	<20	<20	<1	<1	0.04	0.06	0.01	19	0.02	0.06	3.32	44
	22-9-91-3	4013	1.3	70	11	<5	<10	10	302	85	<0.02	427	12	3	<1	104	<1	<20	<20	<1	<1	0.09	0.07	0.02	249	0.06	0.43	3.06	65
	22-9-91-4	11	0.2	20	<5	5	<10	16	219	5	0.8	265	7	8	11	11	3	<20	<20	<1	<1	0.06	0.06	0.02	42	0.01	0.06	2.83	41
	22-9-91-5	307	1.7	69	15	<5	<10	11	126	29	0.3	51	5	3	<1	64	<1	<20	<20	<1	<1	0.04	0.06	0.01	24	0.02	0.13	1.19	44
	22-9-91-6	28	0.3	15	<5	<5	<10	4	79	5	0.5	181	4	2	<1	6	2	<20	<20	<1	<1	0.02	0.06	<0.01	11	<0.01	0.02	0.63	28
	22-9-91-7	71	0.3	26	8	<5	<10	6	62	24	0.3	26	6	4	<1	39	<1	<20	<20	<1	<1	0.02	0.06	<0.01	14	0.01	0.04	1.12	52
	22-9-91-8/9	25	0.2	6	6	7	13	3	70	7	<0.2	841	5	2	<1	5	<1	<20	<20	<1	<1	0.02	0.06	0.01	18	0.01	0.06	0.85	24
	22-9-91-10/11	38	0.6	23	6	16	<10	8	708	15	0.5	511	4	4	2	5	2	<20	<20	<1	<1	0.03	0.06	<0.01	8	<0.01	0.03	1.41	28
	DA-1358	<5	<0.2	16	8	7	15	19	240	7	0.04	236	8	9	17	13	2	<20	<20	<1	<1	0.06	0.07	0.03	43	0.06	0.12	3.24	48
	DA-1359	<5	<0.3	24	11	60	17	14	472	11	0.04	105	6	8	6	13	6	<20	<20	<1	<1	0.03	0.07	0.01	12	0.02	0.07	3.56	67
DA-1371	<5	<0.2	19	6	23	12	18	360	18	<0.02	408	4	5	1	6	6	<20	<20	<1	<1	0.04	0.07	0.02	17	0.02	0.05	2.32	48	
Loma Quipal- Sigsig (Mapa 4a)	3338	85	19	98	19	<5	<10	306	52	23	1.5	1002	75	4	<1	24	2	<20	<20	<1	<1	0.10	0.06	<0.01	46	<0.01	0.59	7.47	147
	3342	112	1	89	11	<5	<10	168	105	16	<0.2	36	49	2	<1	19	3	<20	<20	1	<1	0.14	0.07	0.02	56	<0.01	0.72	3.15	21
	3343	12	1.7	70	33	<5	<10	66	148	23	0.8	249	46	1	1	20	2	<20	<20	<1	<1	0.14	0.07	0.01	57	0.01	0.41	7.03	27
	5257	12	<0.2	98	<5	<5	<10	127	33	<1	<1			<1	<1		3		<20	<20	<1	<1							
	5258	241	4.5	16		13		1157	142	419	<1			9	11		2			<1	<1								
	5261	70	6.7	51		<5		2706	132	11	<1			8	9		2												
Principal-Río Shio (Mapa 4a)	27-9-91-3	44	0.9	20	5	6	<10	424	59	16	0.3	52	4	9	119	10	3	<20	<20	<1	<1	0.10	0.07	0.02	24	0.03	0.30	5.56	56
Río Collay (Mapa 4a)	20-11-91-2	<5	13.1	16	10	<5	<10	45	67	5	0.3	450	25	7	2	6	2	<20	<20	<1	1	0.04	0.02	0.11	8	0.03	0.16	3.33	143
Osogochi (Mapa 5a and 5b)	6-11-91-3	32	1.4	7	12	8	<10	2730	25	5	0.9	12	25	4	91	17	56	<20	<20	<1	<1	0.12	0.02	<0.01	<1	0.59	0.37	3.88	67
	6-11-91-4	9	0.4	57	13	9	<10	21	33	6	0.9	26	11	14	71	6	7	<20	<20	<1	1	0.25	0.02	0.01	2	0.08	0.38	8.49	38
	6-11-91-4b	12	0.6	67	14	8	<10	18	37	4	0.8	24	11	17	81	5	6	<20	<20	<1	<1	0.23	0.02	<0.01	2	0.04	0.34	9.44	29
	13-11-91-1	<5	<0.2	34	11	<5	<10	49	48	58	1.1	88	18	19	7	18	9	<20	<20	5	3	0.34	0.08	0.06	9	1.99	1.14	3.95	219
	13-11-91-2	12	1.8	37	12	<5	<10	30	116	39	0.7	81	14	91	17	9	3	<20	<20	8	2	0.31	0.04	0.03	3	0.45	0.59	3.82	87
	13-11-91-4	38	0.3	<5	9	6	<10	68	58	197	1.3	41	16	11	16	118	5	<20	<20	3	6	0.25	0.36	1.67	134	4.20	3.55	5.10	1328
	13-11-91-5	64	0.3	12	9	<5	<10	305	78	108	1.4	110	30	19	3	92	<1	<20	<20	11	4	0.63	0.22	0.86	42	3.51	2.09	2.76	2244
	13-11-91-7	59	0.2	<5	11	<5	<																						

Tabla 6. Vetas mesotermales

Ubicación	Muestra	Au ppb	Ag Ppm	As Ppm	Sb Ppm	Bi Ppm	Te Ppm	Cu Ppm	Pb Ppm	Zn Ppm	Cd Ppm	Ba Ppm	Cr Ppm	Ni Ppm	Co Ppm	V Ppm	Mo ppm	W ppm	Sn ppm	La ppm	Y ppm	K %	Na %	Ca %	Sr ppm	Mg %	Al %	Fe %	Mn ppm
Las Aradas (Mapa 2b)	11-05-91-1		<0.2	<5	<5	<5	<10	6	<2	9	<1	11		5	5	1	3	<20	<20	<1	<1	<0.01	<0.01	<0.01	1	<0.01	0.05	1.73	800
Principal-Río Shio (Mapa 4a)	27-9-91-5	24	0.3	<5	<5	<5	<10	66	6	26	0.9	10	2	4	7	74	2	<20	<20	<1	5	0.03	0.09	5.15	76	1.42	1.40	2.36	1139
Atillo-Laguna Negra (Mapa 5b)	15-11-91-3	13	0.9	<5	17	15	<10	119	108	299	1.8	116	30	27	36	77	16	<20	<20	<1	5	0.38	0.03	1.00	13	4.95	2.21	>10	1816
	15-11-91-4	8	0.5	<5	6	<5	<10	345	19	106	<0.2	224	13	3	6	12	3	<20	<20	3	12	0.68	0.06	0.41	6	1.83	1.09	3.35	987
	15-11-91-5	7	<0.2	<5	12	<5	<10	28	30	119	<0.2	73	21	13	10	57	5	<20	<20	<1	3	0.11	0.03	3.62	70	3.82	1.52	3.43	1906
	15-11-91-6	18	0.4	<5	12	<5	<10	49	26	77	1.6	173	48	24	15	63	6	<20	<20	9	15	0.31	0.07	4.02	39	4.49	2.04	4.41	1531
	20-5-92-5	24	5.0	6	<5	11	<10	18	755	74	<1.0	23	532	31	3	19	11	<20	<20	1	2	0.05	<0.01	0.98	32	0.45	0.15	1.06	20
Río Mataqui-Río Blanco (Mapa 7a)	20-5-92-6	11	<0.2	25	<5	10	<10	97	49	163	<1.0	118	60	84	23	30	2	<20	<20	1	7	0.27	0.06	>10	202	3.52	0.51	4.40	90
	20-5-92-8	17	<0.2	<5	<5	7	<10	4	393	113	<1.0	33	181	15	7	5	9	<20	<20	6	4	0.03	0.07	6.98	330	0.65	0.13	2.89	80
Monte Olivo (Mapa 7a)	21-5-92-6	9	<0.2	<5	<5	<5	<10	121	6	2	<1.0	4	564	43	14	2	5	<20	<20	1	<1	0.01	<0.01	<0.01	<1	<0.01	0.03	1.30	10
Río Chingual (Mapa 7c and 7d)	30-5-92-1	<5	<0.2	13	<5	<5	<10	135	3	4	<1.0	13	553	22	6	3	5	<20	<20	<1	1	0.04	<0.01	<0.01	<1	0.01	0.07	1.55	10
	31-5-92-2	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	9	2	18	<1.0	94	95	5	19	6	5	<20	<20	7	11	0.33	0.02	0.15	10	0.16	0.92	1.91	120
	31-5-92-3	<5	0.4	<5	<5	<5	<10	708	3	9	<1.0	17	340	92	72	5	3	<20	<20	<1	<1	0.04	0.01	0.06	3	0.05	0.11	3.40	10

Tabla 7. Zonas de cizalla/esquistos mineralizados

Ubicación	Muestra	Au ppb	Ag ppm	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Te ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cd ppm	Ba ppm	Cr ppm	Ni ppm	Co ppm	V ppm	Mo ppm	W ppm	Sn ppm	La ppm	Y ppm	K %	Na %	Ca %	Sr ppm	Mg %	Al %	Fe %	Mn ppm
Vía Yangana San Antonio (Mapa 2c)	15-05-91-8	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	26	11	74	<1.0	114	139	20	8	30	5	<20	<20	13	4	0.70	0.05	0.08	6	0.59	1.41	2.36	300
	15-05-91-9	<5	<0.2	9	<5	<5	<10	26	15	34	<1.0	55	117	8	3	23	63	<20	<20	26	5	0.35	0.03	0.02	5	0.65	1.67	2.77	200
	15-05-91-10	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	68	4	65	<1.0	103	109	21	9	33	3	<20	<20	19	4	0.81	0.03	0.03	3	0.81	1.88	3.20	200
	15-05-91-11	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	30	9	74	<1.0	84	112	33	20	39	2	<20	<20	23	5	0.60	0.04	0.07	4	1.03	2.07	3.21	400
Chigüinda (Mapa 3a)	31-7-91-2	24	<0.2	14	<5	<5	<10	224	<2	25	<1.0	97	79	32	16	20	2	<20	<20	17	13	0.62	0.03	0.07	6	0.40	1.80	3.25	200
	31-7-91-3	9	<0.2	<5	<5	<5	<10	17	<2	5	<1.0	46	177	6	3	4	5	<20	<20	5	3	0.18	0.02	0.14	3	0.03	0.32	0.73	100
	31-7-91-4	10	0.5	20	41	<5	<10	100	<20	9	<1.0	59	172	8	3	3	390	<20	<20	9	1	0.17	<0.01	<0.01	<1	0.02	0.27	2.02	<1
	7-8-91-1	12	<0.2	12	<5	49	<10	28	<20	216	<1.0	120	66	12	16	63	1	<20	<20	8	5	0.68	0.24	2.27	102	1.57	2.96	3.39	700
	7-8-91-2	<5	<0.2	<5	<5	<5	<10	8	<2	5	<1.0	7	212	5	2	5	8	<20	<20	2		0.06	0.01	0.02	1	0.05	0.20	0.97	<1
	7-8-91-3	10	<0.2	<5	<5	<5	<10	9	14	13	<1.0	15	64	5	2	5	2	<20	<20	29	6	0.41	0.02	<0.01	3	0.07	0.82	1.59	<1
	7-8-91-4	10	<0.2	7	9	<5	<10	19	3	5	<1.0	16	178	5	3	5	8	<20	<20	19	3	0.26	0.01	<0.01	<1	0.02	0.42	1.30	<1
	7-8-91-5	10	<0.2	<5	<5	<5	<10	13	2	26	<1.0	142	83	20	8	24	37	<20	<20	20	11	0.58	0.03	0.11	4	0.24	1.21	1.82	300
	7-8-91-6	15	<0.2	<5	<5	<5	<10	72	<2	6	<1.0	79	126	10	9	8	41	<20	<20	18	7	0.41	0.02	0.02	2	0.09	0.78	1.43	100
	7-8-91-7	1082	1.0	<5	<5	<5	<10	61	2030	38	<1.0	152	88	25	14	34	5	<20	<20	20	9	0.59	0.04	0.17	4	0.41	1.58	3.19	800
	7-8-91-8	<5	0.3	<5	<5	<5	<10	33	<2	12	<1.0	45	159	7	6	5	9	<20	<20	14	3	0.24	0.01	<0.01	3	0.03	0.42	2.20	100
	7-8-91-9	6	<0.2	<5	<5	<5	<10	66	2	34	<1.0	65	73	24	10	32	2	<20	<20	19	3	0.31	0.03	0.02	6	0.86	2.04	3.90	300
	7-8-91-10	10	<0.2	<5	<5	<5	<10	16	<2	<1	<1.0	24	134	15	9	3	5	<20	<20	10	2	0.25	<0.01	<0.01	<1	0.03	0.38	2.74	<1
	7-8-91-11	8	0.3	<5	<5	<5	<10	18	<2	<1	<1.0	57	115	6	3	3	11	<20	<20	15	2	0.24	<0.01	<0.01	1	0.03	0.39	1.57	<1
	7-8-91-12	10	0.5	<5	26	<5	<10	70	<2	6	<1.0	29	114	8	16	3	3	<20	<20	5	1	0.22	0.01	<0.01	<1	0.04	0.38	4.09	<1
	7-8-91-13	15	<0.02	<5	<5	<5	<10	30	<2	16	<1.0	41	116	15	14	4	4784	<20	<20	9	2	0.27	0.01	<0.01	2	0.04	0.32	2.92	<1
Rio Santa Bárbara (Mapa 4a)	20-9-91-1	817	0.9	225	<5	<5	<10	186	15	11	1.1	17	8	10	7	3	<1	<20	<20	4	4	0.10	0.08	0.13	7	0.41	0.30	1.58	109
	20-9-91-2	29	0.4	101	<5	<5	<10	22	29	47	0.4	77	13	29	13	9	<1	<20	<20	5	5	0.19	0.07	0.25	12	1.06	0.96	2.90	160
Rio Collay (Mapa 4a)	20-11-91-3	7	0.3	<5	11	10	<10	118	26	138	2.4	16	28	6	18	45	2	<20	<20	13	22	0.10	0.04	0.14	2	4.31	2.55	7.16	<10
Rio Cofanes (Mapa 7d)	29-5-92-1	<5	0.5	<5	<5	6	<10	342	5	113	<1.0	29	219	106	26	87	36	<20	<20	11	4	0.92	0.06	0.01	4	1.17	1.58	3.98	30

Tabla 8. Mineralización miscelánea

Ubicación	Muestra	Au ppb	Ag ppm	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Te ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Cd ppm	Ba ppm	Cr ppm	Ni ppm	Co ppm	V ppm	Mo ppm	W ppm	Sn ppm	La ppm	Y ppm	K %	Na %	Ca %	Sr ppm	Mg %	Al %	Fe %	Mn ppm
Monte Olivo Veta de MoS ₂ (Mapa 7a)	19-5-92-2	<5	<0.2	32	<5	<5	<10	20	12	11	<1.0	283	476	24	4	6	964	<20	<20	<1	2	0.05	0.04	0.74	10	0.29	0.19	1.20	20
Qda. Agua Clara (Mapa 7c)	25-5-92-1	12	<0.2	<5	<5	7	<10	111	<2	63	<1.0	100	117	14	19	82	3	<20	<20	1	5	1.36	0.09	0.56	37	2.20	2.60	3.03	60
	25-5-92-2	<5	<0.2	<5	<5	37	<10	272	3	47	<1.0	103	137	25	33	16	4	59	<20	4	8	0.61	0.10	1.10	37	0.95	1.97	3.77	40
Monte Olivo (Mapa 7a)	21-5-92-7	450	11.8	255	<5	22	<10	44	105	24	<1.0	20	107	7	2	29	13	<20	<20	1	2	0.77	0.94	0.23	126	0.11	0.24	0.21	<10
	4173	64	3.1	132	<5	<10	89	225	52	<0.2	85	36	4	1	20	30	<20	<20	24	6	0.35	0.08	0.09	0.22	56	0.87	1.88	<5	178
	4174	6	1.1	53	<5	<10	9	26	17	0.4	102	34	1	1	7	3	<20	<20	21	7	0.29	0.06	0.07	0.04	20	0.70	0.64	<5	22
	4175	15	20.1	362	9	<10	117	116	97	<0.2	772	10	6	198	8	<1	<20	<20	16	8	0.36	0.06	0.02	0.02	17	2.48	3.11	<5	<20000
	4179	1593	7.1	>2000	<5	<10	37	299	262	<0.2	45	40	5	5	16	1	<20	<20	13	4	0.28	0.09	0.86	0.19	40	0.82	2.35	<5	1183
	4187	<5	<0.2	<5	<5	<10	27	14	85	0.9	151	9	3	5	24	2	<20	<20	13	5	0.03	0.09	0.40	0.06	108	1.31	3.28	<5	384
	4188	<5	0.8	52	<5	<10	8	31	35	0.3	49	18	<1	2	6	1	<20	<20	10	2	0.25	0.07	0.08	0.04	15	0.76	0.83	<5	80
	4189	<5	<0.2	<5	19	27	50	43	71	<0.2	20	112	54	19	79	5	<20	<20	8	6	0.14	0.07	4.87	3.72	58	2.73	3.36	10	803
	4193	750	8.7	1819	<5	<10	32	403	532	1.0	30	26	6	6	8	<1	<20	<20	16	5	0.26	0.06	8.25	0.08	20	0.55	2.26	<5	2550
	4194	2744	16.3	>2000	<5	<10	60	638	667	1.8	33	39	5	4	6	4	<20	<20	13	4	0.28	0.05	1.54	0.14	31	0.44	2.52	<5	2870
Pegmatita Monte Olivo (Mapa 7a)	19-5-92-3	69	<0.2	<5	<5	5	<10	6	5	2	<1.0	46	123	3	<1	2	<20	<20	2	5	0.35	0.11	0.65	0.50	23	0.19	15.15	0.86	40

APÉNDICE E

Nota sobre los análisis XRF referidos en Litherland et al. (1990)

Traducción al español por Stalyn Paucar (2026)

Nota sobre los análisis de Fluorescencia de Rayos X (XRF) referidos en Litherland et al. (1990) y reportados aquí.

Los resultados analíticos de XRF (principalmente sobre muestras de sedimentos de corriente), referidos en Litherland et al. (1990) y reportados aquí, se presentan como valores “débiles”, “moderados” y “altos”, basados en los picos máximos de XRF. Estos análisis no han sido calibrados con estándares de roca internacionales o enriquecidos con valores de elementos conocidos y, por lo tanto, los resultados pueden no ser exactos y deben tratarse con precaución.

APÉNDICES F1-F8

Informes de comisión de la Cordillera Real –
Estudio de Geología Económica

Traducción al español por Stalyn Paucar (2026)

ÍNDICE

No.	TRAVESÍA	PÁGINA
3674-F1	Azuay (Minas de San Bartolomé, Pilzhum, Sigsig) y Chimborazo (Alao, Peltetec, Condorazo) del 18 de febrero al 08 de marzo	125
5652-F2	Isimanchi, Malacatus, Jimbura-Amaluza, Yangana, San Antonio, Saraguro, Sigsig, Pilzhum, del 05 al 29 de mayo, 1991	136
6355-F3	Gima-Moriré-Espíritu Playa, San Miguel de Cuyes, Matanga, Chigüinda del 22 de julio al 09 de agosto, 1991	149
7096-F4	Matanga; Río Santa Bárbara-Río Ayllón; Principal; Ríos San Francisco-Ishpingo-Gualaceño; Sevilla de Oro-Ríos Collay-Pilares; Río Paute-Guarumales	161
7662-F5	Macas-Río Upano; Osogochi-Cerro Pucurcu Grande-Cerro Tintillay-Cerro Soroche; Laguna Atillo-Laguna Negra (Guamote-Macas road), del 04 al 22 de noviembre, 1991	175
0716-F6	Cochapamba-Oyacachi-El Chaco-Río Oyacachi-Río Santa María-Río San Juan Grande-Cosanga-Ríos del área de Cosanga-Río Coca-Río Payamino-Tena-Ríos del área de Tena-Ríos del área de Puyo-Baños, del 24 de febrero al 10 de marzo, 1992	186
2137-F7	Pimampiro-Sigsigpamba-Río Mataquí-Monte Olivo-Río San Miguel-Río Minas-Tuquer-El Cedral-Chamiza-La Bonita-Qda. La Industria-La Sofía-Río Condué-Río Cofanes y afluentes, del 18 de mayo al 06 de junio, 1992	198
2903-F8	Río Palora-Tiririco-Río Benado-Río Sangay-Río Llushín del 07 al 18 de julio	214

No. 3674

QUITO, MARZO, 1991

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : DR. RICHARD JEMIELITA

ASUNTO : Informe de comisión a las provincias de Azuay (Minas de San Bartolomé, Pilzhum, Sigsig) y Chimborazo (Alao, Peltetec, Condorazo) del 18 de febrero al 08 de marzo.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Geológico Cordillera Real, de colaboración técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, en su tercera fase contempla el subproyecto Potencial Económico de la Cordillera Real. En tal virtud se realizó la primera visita a los afloramientos estudiados anteriormente por el Proyecto, con el fin de familiarizarse con dichas litologías y su respectiva interpretación.

1.2. Objetivo

Reconocimiento e inicio del programa de campo del subproyecto Potencial Económico de la Cordillera Real.

Los primeros días se trabajó con el jefe de la Misión, en la visita de las minas estudiadas anteriormente y se realizó un estudio geológico de los afloramientos y bloques rodados, así como la toma de muestras de rocas, sedimentos pesados y fluviales para su respectivo estudio químico, petrográfico y palinomorfo.

1.3 Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo integrada por:

Dr. Richard Jemielita (ODA/BGS)

Sr. Gonzalo Aguilar (INEMIN)

Sr. Manuel Céleri (INEMIN)



1.4 Medio de transporte

Jeep Land Rover placa AT-0274 de la Misión Británica

1.5 Detalle de actividades

Mes	Día	Travesía
Febrero	18	Quito-Ambato-Baños-Penipe-Riobamba
	19	Río Alao-Río Huarguallá
	20	Riobamba-Guamote-Chunchi-Cuenca
	21	Cuenca-San Bartolomé-Cuenca
	22	Cuenca-Gualaceo-Chordeleg-Sigsig-Cuenca
	23	Cuenca-Azogues-Pilzhum-Cuenca
	24	Cuenca-Riobamba
	25	Riobamba-Río Quishpe-Río Basancel
	26	Río Basancel
	27	Río Basancel
	28	Río Basancel-Río Quishpe-Riobamba
Marzo	01	Mina Curiayana-Mina Cacadrón
	02	Mina Cruzacta
	03	Mina Agua Santa
	04	Río Alao-Placabamba
	05	Placabamba-Condorazo
	06	Condorazo-Laguna Verde
	07	Laguna Verde-Mina de Pilas-Placabamba
	08	Placabamba-Alao-Quito.

1.6 Acceso

Muchas zonas son accesibles mediante vehículos de doble tracción (Land Rover). Las áreas del Río Quishpe, el Río Alao aguas arriba del pueblo de Alao y Condorazo solo eran accesibles a caballo o a pie.

1.7 Trabajos previos

Las áreas de Baños, Penipe y Río Alao han sido investigadas geológicamente por Litherland et al. (1990). Pilzhum y Tampanchi han sido estudiados por diversas empresas e individuos (INEMIN-Misión Belga, 1988; Litherland et al., 1990). El área del Río Paute fue levantada geológicamente por Aspden (Litherland et al., 1990). La mineralización de Río Quishpe-Río Basancel fue descubierta por el Sr. Echeverría de Maguazo y está siendo explotada por Weldorado Inc. Ecuador. Todas las demás minas y prospectos en las zonas de Río Alao/Condorazo han sido prospectados desde la época colonial hasta tiempos recientes, pero se ha llevado a cabo poco desarrollo o producción y se ha publicado escasa información sobre la mineralización.

2. GEOLOGÍA ECONÓMICA DE MINAS Y PROSPECTOS

2.1 Mina San Bartolomé y área circundante

La mina San Bartolomé se ubica de 1 a 1.5 km al N y NW del pueblo del mismo nombre, a una altitud de entre 2800 y 3300 metros. La mina es actualmente propiedad de y operada bajo un acuerdo de *joint venture* entre Banguet Corp. Canada Ltda. y Armenonic del Ecuador. El área minera ha sido explorada de forma extensa e intensiva por varias organizaciones (INEMIN-Misión Belga, 1988). La mineralización ocurre dentro de flujos de lava de pórfido andesítico del Terciario, de grano fino a grueso, que se cree están subyacidos por meta-andesitas de la subdivisión Alao-Paute (división Alao).

La mina ha sido explorada mediante perforación superficial y subterránea (6800 metros), galerías de exploración (1600 metros) y trincheras superficiales (200 metros) por proyectos de las Naciones Unidas entre 1969 y 1978, y este trabajo ha sido continuado en varios niveles de la mina por las compañías mineras.

La mineralización es compleja e incluye esfalerita, pirita, marcasita, galena, calcopirita, sulfosales, arsenopirita, arsénico nativo, tetraedrita, pirrotina, boulangerita, polibasita, pearceíta, sternbergita, pirargirita, freieslebenita y oro nativo. Los minerales de ganga son cuarzo, calcita, ópalo y adularia. La alteración hidrotermal incluye una fuerte argilización con cuarzo, sericita, clorita, calcita, pirita y turmalina. Parte de la alteración puede estar relacionada con una intensa meteorización.

Entre 1969 y 1972, los proyectos de las Naciones Unidas reportaron reservas de 23.5 MT con más de 2 oz/T de plata y 1.0 MT con 10 oz/T de plata. Entre 1976 y 1978 se reportaron 94.192 T de reservas con leyes de 22.93 oz/T de plata; 1.99% de zinc; 0.68% de plomo y trazas de oro y cadmio (INEMIN-Misión Belga, 1988).

Los propietarios actuales reportan reservas de 100000 MT a 20 oz/T de plata, y una planta de beneficio de 100 T.P.D. se encuentra actualmente bajo construcción.

La mineralización se hospeda dentro de vetas (de 5 a 10 cm de ancho) y vetillas de fractura. Las bifurcaciones y estructuras en cola de caballo son comunes. Las vetas tienen buzamiento fuerte y plano, y tienen una tendencia predominante ENE. Dos fallas mayores con rumbo NE a NNE ocurren en las áreas de la mina.

La mineralización es de tipo veta epitermal polimetálica compleja, alojada en rocas volcánicas jóvenes. El potencial económico es bueno y la exploración se está extendiendo actualmente hacia el área oriental (Shunaste).

2.2 Río Paute en la Quebrada Totora Yacu

Al menos dos capas estrechas de lutitas negras concordantes que contienen pirita ocurren dentro de la subdivisión turbidítica Maguazo, a unas pocas decenas de metros al este y oeste de la Quebrada Totora Yacu; la altitud es de 2280 metros. Las turbiditas están intercaladas con flujos volcánicos/tobas y brechas metamorfizadas. Puede haber potencial para mineralización de sulfuros masivos volcanogénicos en tales litologías, pero las pizarras negras piritosas no se consideran económicamente significativas en esta etapa. La mineralización se considera singenética y asociada con lutitas negras anóxicas.

2.3 Mina Peggy y área circundante

El área mineralizada se localiza alrededor de la Mina Peggy, aproximadamente a 5 km al SSE de la ciudad de Sigsig, a una altitud de 2400 a 2800 metros. El área ha sido descrita por varias organizaciones e individuos (INEMIN-Misión Belga, 1988; Clarke, 1989; Litherland et al., 1990). Las rocas de caja comprenden granito biotítico megacrístico fuertemente deformado/milonitizado, esquisto de cuarzo-sericita y milonita de la subdivisión Tres Lagunas (división Loja; Litherland et al., 1990).

La deformación se atribuye al cizallamiento asociado con el frente Baños. Una serie de diques y stocks de pórfido de cuarzo-feldespato (¿riolita?) jóvenes y no deformados intruyen las litologías más antiguas y cortan su fábrica penetrativa. En el área ocurren una chimenea de brecha intrusiva grande (300 a 400 metros de diámetro) y diques de brecha más pequeños. El desarrollo minero incluye galerías en la veta Peggy, así como varias galerías de prospección y pozos en el área. Los restos de una planta de procesamiento de mineral se encuentran cerca de la mina. Actualmente, se realiza minería de oro de placer en el Río Santa Bárbara.

La mineralización es compleja, reportándose los siguientes minerales de mena: calcopirita, pirrotina, arsenopirita, pirita, marcasita, estannita, casiterita, esfalerita, bismuto nativo, bismutinita, wolframita y galena. Los valores reportados para la mena de la mina Peggy son: 7.36% de cobre, 170 ppm de plata y 0.6 ppm de oro.

Los minerales de ganga incluyen cuarzo, turmalina y carbonatos. La alteración hidrotermal está dominada por una argilización de media a fuerte, con algo de silicificación y turmalinización.

Se observó un afloramiento amplio (35 metros) de la chimenea de brecha intrusiva en un corte de carretera a 1.5 km al norte de la mina Peggy. La brecha está dominada por fragmentos de la roca de caja. La mineralización hospedada en la brecha ha sido descrita (Clarke, 1989) y contiene pirita, arsenopirita, esfalerita, galena, marcasita, calcopirita, pirrotina, estannita, tetraedrita y cuarzo.

La estructura dominante en las rocas de caja es una foliación con rumbo N50° a 70°E. La veta Peggy o zona de brecha tiene unos 20 metros de espesor y un rumbo N45°W con un buzamiento de 80° hacia el SW.

La mineralización en la Mina Peggy es de tipo veta/stockwork polimetálico complejo y brecha mineralizada, probablemente relacionada con las intrusiones porfídicas jóvenes. El potencial mineral se considera bueno, particularmente con respecto a stockwork de vetas ocultas, y mineralización hospedada en brechas y de tipo pórfido.

2.4 Pilzhum

El área de la mina Pilzhum se localiza a unos 16 km de Azogues, cerca de la carretera a Taday, a una altitud de 3400 a 3765 metros. La mina y el área circundante han sido examinadas por varios individuos y organizaciones (INEMIN-Misión Belga, 1988). La roca de caja es un stock de pórfido cuarzo-andesítico o dacítico de edad Terciario superior o Cuaternario. También hay presencia de brecha intrusiva. El desarrollo minero comprende más de 600 metros de galerías y son visibles los restos de una planta de procesamiento de minerales. La mineralización incluye pirita, calcopirita, galena, esfalerita, enargita, tetraedrita, proustita, bornita, calcosina y covelina. Las leyes de mineral reportadas son: plata 1500 g/T; oro 3.2 g/T y cobre 2%. Los minerales de ganga son cuarzo y baritina. La alteración hidrotermal es mayoritariamente argílica y es particularmente fuerte de forma adyacente a las vetas. También ocurre silicificación y alteración propilitica esporádica.

El control estructural regional del depósito ha sido relacionado con la extensión hacia el sur de la falla San Antonio (Litherland et al., 1990). Localmente, la mineralización ocurre dentro de 19 a 23 vetas conocidas que ocupan una zona de 3 km por 2 km. Las orientaciones dominantes de las vetas son N20°E (buzamiento subvertical), N80°E (buzamiento subvertical o fuerte al N), y N45° a 70°E (buzamiento subvertical o fuerte al S). Las vetas principales tienen una longitud de 170 a 600 metros (INEMIN-Misión Belga, 1988). La mineralización es de tipo veta epitermal polimetálica compleja, alojada en una intrusión porfídica. El sistema mineralizado es grande y el potencial económico se considera bueno para el descubrimiento de nuevas vetas, así como para mineralización hospedada en brechas y de tipo pórfido.

2.5 Tampanchi

El complejo máfico-ultramáfico Tampanchi se localiza al este de Taday e inmediatamente al oeste de la unión del Río Pindilig y el Río Paute. El afloramiento varía en altitud desde aproximadamente 2200 metros hasta 3640 metros. El complejo ha sido estudiado por Pozo (1990), Litherland et al. (1990) y recientemente por una compañía minera con interés en la mineralización de platino. Concesiones de oro y platino fueron otorgadas en las cercanías a principios de este siglo (Navarro, 1986).

El complejo intrusivo tiene una forma aproximadamente ovalada con dimensiones de 8 km por 4 km. Intruye esquistos verdes de la subdivisión Alao-Paute (división Alao). Se reporta que la intrusión está zonificada con un núcleo de serpentinitas ultramáficas y clinopiroxenitas de olivino rodeadas por piroxenitas que muestran texturas cumuláticas. Estas están rodeadas a su vez por hornblenditas y gabros de hornblenda y, finalmente, basaltos de hornblenda de grano fino (Litherland et al., 1990).

La mineralización conocida se restringe a oro y platino aluvial registrados en arroyos que drenan el complejo. Sin embargo, se han obtenido valores anómalos de cobre, níquel, cromo, oro y metales del grupo del platino a partir de sedimentos fluviales, suelos y muestras de roca del complejo.

La mineralización se presenta probablemente en forma de sulfuros que contienen metales preciosos diseminados, o en vetas/capas, dentro de la intrusión. La mineralización es probablemente de tipo segregación magmática, típica de intrusiones máficas estratificadas, por ejemplo, Bushveld, Sudbury, Muskok e intrusiones de tipo Alaska. Este tipo de mineralización tiende a ser de gran tonelaje y baja ley; por lo tanto, el potencial económico del complejo Tampanchi está probablemente restringido debido a su tamaño relativamente pequeño.

2.6 Río Quishpe/Río Basancel

Esta área productora de oro se localiza en las cabeceras orientales del Río Quishpe, 7 km al este de Pungalapamba, a altitudes de entre 3800 metros y 4200 metros. La mineralización de oro fue descubierta en el área por el Sr. Echeverría, un prospector de Maguazo. La concesión pertenece actualmente a Weldorado Inc. de Quito-Ecuador, y una pequeña mina de placer está en operación. La mina es operada por 2 a 4 mineros que lavan oro de material coluvial grueso en un valle escarpado. Las rocas de caja en el área están dominadas por granodiorita de hornblenda-biotita fresca y alterada, posiblemente la extensión norte del granito Alao; también son comunes en el área pórfidos grises de grano fino.

La mineralización primaria, donde está expuesta, comprende vetas de cuarzo oxidadas y con presencia de gossan con piritita, pirrotina, calcopirita y posiblemente otros sulfuros, así como oro libre. La silicificación es común en litologías grises de grano fino que usualmente contienen piritita diseminada.

Un fuerte cizallamiento y diaclasamiento son comunes en algunos lugares dentro de la granodiorita. A veces, el pórfido gris de grano fino está cortado por una red de vetillas de cuarzo. Todas las muestras de vetas oxidadas y las muestras coluviales dentro del área de afloramiento de la granodiorita muestran oro libre al ser lavadas en batea. El oro está ampliamente distribuido, pero no es espectacularmente rico, obteniéndose usualmente de unas pocas a decenas de chispas por batea. La mineralización de oro parece estar asociada con las vetas minerales que cortan la granodiorita y puede existir una conexión genética. Ciertamente, la mineralización de Au está muy asociada espacialmente con el afloramiento de granodiorita. El área de exposición de la granodiorita productora de oro es de aproximadamente 1.5 km × 1.5 km. Se puede obtener oro aluvial/coluvial al menos 2 km aguas abajo en el Río Quishpe. Las estructuras son frágiles/dúctiles. La mineralización se considera de tipo veta hidrotermal polimetálica hospedada en intrusión y se piensa que el potencial económico es bueno.

2.7 Área Río Alao-Condorazo

Esta sección describe varias minas pequeñas y prospectos en el valle del Río Alao y el área circundante, y el área de Condorazo al noreste.

2.7.1 Mina Agua Santa

La Mina Agua Santa se localiza en la Quebrada Agua Santa, en la margen sur del Río Alao, aproximadamente 2.5 km aguas arriba del puente de Pungalapamba y a una altitud de 2855 metros. Las rocas de caja son lutitas negras rítmicamente bandeadas y cuarcitas de la subdivisión Cebadas (división Guamote). Estas rocas están particularmente bien expuestas en la unión de la Quebrada Agua Santa y el Río Alao.

El desarrollo minero comprende una única galería horizontal de 5 metros de largo con un rumbo de 286° dentro de una falla. A 2845 metros, y por debajo de la galería, se expone una falla mineralizada con piritita y minerales eflorescentes de color verde (malaquita). La falla tiene un rumbo aproximado norte-sur y buza fuertemente hacia el este. El bloque techo consiste en una cuarcita competente y el bloque piso comprende esquistos negros/lutitas fuertemente plegados. Esta mineralización se considera de veta hidrotermal o filón de origen genético no establecido. El potencial económico se considera regular.

2.7.2 Mina Nueva (Siminguis)

Esta mineralización se localiza en la Quebrada Siminguis, en la margen sur del Río Alao, aproximadamente 3 km aguas arriba del puente de Pungalapamba a una altitud de 2895 metros. Las rocas de caja son esquistos negros y grises y cuarcitas de la subdivisión Cebadas (división Guamote; Litherland et al., 1990).

La mineralización es predominantemente pirrotina masiva, posiblemente con algo de piritita y calcopiritita, asociada con vetas de cuarzo estrechas y, en la exposición principal, un dique porfídico que contiene sulfuros diseminados (¿pirita?). La exposición principal es visible como una zona fuertemente oxidada y con manchas de hierro de aproximadamente 3 metros de ancho y 4 metros de alto en la pared norte de la quebrada. Una exposición similar, pero más pequeña, ocurre en la quebrada a 2910 metros. La mineralización se considera de veta hidrotermal o de origen metasomático de contacto y se piensa que el potencial económico es bajo.

2.7.3 Mina Imanante

La mina se localiza aproximadamente a 0.5 km al sur de la cima del Cerro Imanante, en las laderas septentrionales del valle del Río Alao, a una altitud de 4010 metros. Las rocas de caja son rocas volcánicas o intrusivas menores de grano fino, homogéneas y de color blanco-grisáceo, que a veces muestran cristales de feldespato orientados al azar. El afloramiento presenta una fractura en bloques angulares. Estas rocas pueden ser miembros de la subdivisión Maguazo (división Alao) de Litherland et al. (1990).

En esta localidad, las rocas están cortadas por vetillas estrechas (2 mm de espesor) de un mineral metálico duro de color gris plateado (¿arsenopirita?) que forma cristales laminares. La mineralización se considera de tipo veta hidrotermal y posiblemente hospedada en intrusión. El potencial económico no se considera alto, pero esta mineralización podría indicar un potencial mineral oculto.

2.7.4 Mina Maguazo

Esta manifestación mineral se localiza en un afloramiento en la carretera del pueblo Maguazo-Upper Peltetec, a unos 0.6 km al oeste de Maguazo, a una altitud de 3140 metros. Previamente se ha informado de mineralización de cobre en esta ubicación (Litherland et al., 1990). Las rocas de caja comprenden grauvacas turbidíticas bandeadas de la subdivisión Maguazo (división Alao). La mineralización consiste en vetas de cuarzo estrechas (escala centimétrica), oxidadas, con manchas de hierro y con estructura boudinage, que contienen sulfuros y algo de malaquita verde. Además, existe un dique de brecha intrusiva con meteorización de color amarillo-marrón. Las muestras frescas son de color gris-negro oscuro y tienen una textura porfídica con fenocristales de color verde grisáceo y manchas ovoides de pirita granular. La mineralización es de veta hidrotermal y brecha de intrusión con sulfuros diseminados. La mineralización en sí misma carece de importancia económica, pero puede indicar el potencial de una mayor mineralización oculta en las proximidades.

2.7.5 Mina Curiayana

Esta mina se localiza en la cresta que separa la Quebrada Minas y la Quebrada Shiga, 3.6 km al este-norte del pueblo de Alao, a una altitud de 4155 metros. Las rocas de caja son metavolcánicas de grano fino y color gris-verdoso, fuertemente foliadas y a veces replegadas, pertenecientes a la subdivisión Alao-Paute (división Alao). La foliación en el área tiene un rumbo N24°E y un buzamiento de 48° hacia el oeste. El desarrollo minero comprende una rampa de 2 a 3 metros de profundidad que sigue dos vetas de cuarzo estrechas (15 cm de ancho) que cortan la fábrica del esquisto con un ángulo obtuso. Las vetas comprenden cuarzo de textura gruesa en peine con terminaciones vuggy. Los sulfuros ocurren comúnmente cerca de las paredes de la veta e incluyen pirita, calcopirita, esfalerita y galena. Se obtuvo oro libre de las vetas oxidadas. Las vetas ocupan fracturas frágiles con rumbo N77°E y buzamiento de 80° hacia el sur. La alteración de la roca caja es ausente o poco perceptible, pero las vetas están oxidadas y muestran manchas de hierro de color marrón. Esta mineralización se considera de tipo veta hidrotermal polimetálica de origen genético desconocido. No se observaron intrusiones porfídicas en las cercanías.

A unos pocos cientos de metros al norte de la Mina Curiayana, a lo largo de la cresta, aflora una pequeña área de esquisto de sericita de color marrón y con manchas de hierro, con cubos diseminados de pirita. Este tipo de ocurrencia podría estar relacionado con una mineralización epigenética o singenética.

2.7.6 Mina Cacadron

Esta mineralización forma un conspicuo resalte de color marrón con manchas de hierro en la cima de un pequeño pico situado al sur de la Laguna Cacadron, a 4.8 km al este-noreste del pueblo de Alao, a una altitud de 4215 metros. Las rocas de caja son metavolcánicas de esquistos verdes de la subdivisión Alao-Paute (división Alao). La mineralización comprende una veta de cuarzo poroso con presencia de pirita que se presenta como un afloramiento oxidado de color gris-amarillo-marrón con un rumbo aproximado de N87°E y buzamiento vertical. El afloramiento de la veta tiene de 4 a 5 metros de ancho y es discordante con la foliación local de los esquistos (N36°E buzando 80° al oeste). Cerca de la cima ocurren bloques sueltos de gossan poroso de color marrón-negro. La mineralización está asociada con zonas de esquisto de sericita de color blanco con manchas marrones con pirita diseminada. Los esquistos muestran un plegamiento complejo con costillas y vetillas de silicificación comunes. Los esquistos de sericita ocurren como varias zonas distribuidas a lo largo de 100 metros por la cresta de la cima.

2.7.7 Mina Cruzacta

La Mina Cruzacta se localiza en una cresta al este de la Quebrada Cruzacta, a 3.6 km al sureste del pueblo de Alao, a una altitud de 4150 metros. Las rocas de caja son rocas metavolcánicas de esquistos verdes de la subdivisión Alao-Paute (división Alao). El desarrollo minero incluye una rampa de más de 20 metros de profundidad y un tajo superficial de 30 metros de largo. Puede haber más desarrollo subterráneo en la mina, pero el acceso es difícil. La mineralización comprende una veta cizallada estrecha rica en sulfuros o un horizonte mineralizado en esquistos verdes alterados hidrotermalmente y con manchas marrones. Vetillas transversales estrechas (menores a 1 cm de ancho), discordantes, de color marrón y oxidadas cortan la roca caja. Las paredes de la rampa siguen el rumbo de la zona mineralizada a N7°E con un buzamiento de 65° al oeste. En la parte sur y del tajo superficial ocurren escombros de gossan y un gran bloque de costillas de 15 cm a 50 cm de ancho manchadas con malaquita verde con un rumbo N163°E y buzamiento de 60° al oeste. El tajo tiene un rumbo N159°E. Esta mineralización es probablemente de tipo veta hidrotermal polimetálica epigenética, pero la exposición es pobre. El potencial económico se considera regular.

2.7.8 Mina Alao

La Mina Alao se localiza a 3.5 km al este del pueblo de Alao en un corte de carretera en el lado norte del valle de Alao, a una altitud de unos 3200 m. Previamente se ha registrado mineralización de cobre en este sitio (Litherland et al., 1990). Las rocas de caja son rocas metavolcánicas de esquistos verdes de la subdivisión Alao-Paute (división Alao). La mina comprende una galería horizontal de 6 metros de largo con un rumbo N7°E. La galería está excavada en esquisto de cuarzo-sericita que aflora con manchas de hierro de color marrón-amarillo, y esquisto de sericita blanco con pirita diseminada. El afloramiento del esquisto alterado/mineralizado a lo largo de la sección de la carretera tiene 65 metros. Un afloramiento similar de esquisto alterado está claramente expuesto en la margen sur del Río Alao y es probablemente una extensión a lo largo del rumbo de la zona mineralizada a N5°E. La foliación es compleja con un rumbo dominante de N160°E y buzamiento de 80° al oeste, y está replegada dentro de la zona mineralizada. La mineralización es probablemente epigenética y está relacionada con estructuras frágiles/dúctiles. Esta zona puede estar relacionada con la mineralización de la Mina Cruzacta. El potencial económico se considera de regular a bueno.

Una mineralización similar que comprende pirita diseminada en esquisto verde y esquisto de sericita fue observada en fragmentos de roca con manchas de hierro en la sección con rumbo norte de la carretera del valle de Alao.

2.7.9 Mina Condorazo

La Mina Condorazo se localiza a 18 km al norte-noreste del pueblo de Alao y a 1.5 km al oeste del pico de 4458 metros del Cerro Condorazo, a una altitud de entre 4070 y 4080 metros. La mina ha sido descrita previamente, principalmente como una mina de plata (Navarro, 1986; Goossens, 1972; Litherland et al., 1990). Las rocas de caja comprenden esquisto micáceo semipelítico cizallado y foliado, esquisto granatífero y granito de las subdivisiones Tres Lagunas-Agoyán (división Loja). El desarrollo minero comprende una galería de 8 metros de largo con un rumbo N40°E en el afloramiento norte de la veta y una galería/rampa en el afloramiento principal de la veta hacia el sur. Ambas galerías estaban inundadas. Un pequeño pozo lleno de agua se localiza hacia el sur de la veta con una trinchera con rumbo norte. La mineralización está dominada por una veta gruesa (de hasta 2 metros de ancho) de cuarzo blanco lechoso que aflora como una cresta prominente. La veta es algo discontinua, pero puede rastrearse a lo largo del rumbo por más de 200 metros. El rumbo de la veta es aproximadamente N170°E con un buzamiento de 74°W. Grandes masas irregulares de pirrotina oxidada ocurren esporádicamente en la veta y se presentan inclusiones de roca de caja de granito granular. Las paredes de la veta son de granito fuertemente cizallado, con una fábrica paralela a la veta, pero la veta es generalmente discordante con respecto a la fábrica regional. A veces ocurre material de veta de carbonato grueso con meteorización de color amarillo. Las muestras mineralizadas de desecho de las cercanías de la galería superior son de composición variable e incluyen granito alterado de color marrón con piritita diseminada; granito blanco granular con galena diseminada; y piritita con pirrotina-piritita masiva. El desecho de la roca caja de la galería norte comprende esquisto y granito alterados, este último conteniendo micro-vetillas de dolomita/ankerita meteorizadas de color naranja. La mineralización se considera de tipo veta hidrotermal polimetálica relacionada con estructuras frágiles/dúctiles. No se observaron intrusiones porfídicas en las cercanías. El potencial mineral se considera regular.

2.7.10 Mina de Pilas

La Mina de Pilas se localiza a 15.6 km al norte-noreste del pueblo de Alao en las laderas orientales de la Cordillera de Pilas, a una altitud de entre 4155 y 4185 metros. Las rocas de caja comprenden rocas metavolcánicas de esquistos verdes y esquistos sericíticos de la subdivisión Alao-Paute (división Alao). La mineralización comprende piritita masiva, granular y estratificada intercalada con horizontes de cuarzo granular y esquisto sericítico, y envuelta en un bloque piso de esquisto sericítico piritoso y un techo de esquisto clorítico verde, también con piritita diseminada. La capa de piritita tiene al menos 7 metros de espesor y unos 200 metros de largo, y está plegada con esquisto clorítico verde en el núcleo y esquisto sericítico blanco en la envoltura. El pliegue se cierra hacia el sur y buza fuertemente hacia el oeste. El espesor del esquisto sericítico es indeterminado, pero excede las decenas de metros. Localmente, la foliación tiene un rumbo N173°E con buzamiento de 74°W, pero la estratificación en el horizonte piritoso imita la geometría del pliegue. El horizonte de piritita está cortado en algunos lugares por pequeñas vetas de cuarzo epigenéticas y se observó un dique o veta de piritita granular intruyendo el bloque piso de esquisto sericítico. Tanto el esquisto sericítico como el esquisto clorítico exhiben texturas de deformación fuertes y complejas (plegamiento).

Esta mineralización representa una deposición de sulfuros masivos volcanogénicos y es un indicio muy alentador para una potencial mineralización polimetálica de cobre-zinc-plomo con o sin oro y plata en las cercanías, y en otros lugares dentro de la subdivisión Alao-Paute. El potencial económico se considera muy bueno.

3. METALOGÉNESIS Y POTENCIAL MINERAL

La mineralización examinada durante este trabajo puede clasificarse de la siguiente manera:

- i)** Vetas polimetálicas relacionadas con pórfidos.
- ii)** Vetas polimetálicas en rocas metamórficas.
- iii)** Piritita diseminada (singenética) en esquistos/pizarras negras.
- iv)** Mineralización de sulfuros masivos volcanogénicos.
- v)** Mineralización de sulfuros magmáticos/MGP en intrusiones máficas/ultramáficas.

Las vetas polimetálicas relacionadas con pórfidos (San Bartolomé, Mina Peggy/Sigsig, Pilzhum y posiblemente Río Quishpe/Basancel) probablemente pertenecen a sistemas hidrotermales más grandes, como lo indica la alteración hidrotermal y extensa mineralización asociada. El potencial económico dentro de estas áreas es generalmente bueno, con la posibilidad de encontrar más mineralización de vetas, así como mineralización relacionada en chimeneas de brecha, de tipo pórfido y/o de reemplazo/skarn.

Las vetas polimetálicas en rocas metamórficas son generalmente solitarias y aisladas, con poco potencial para tonelajes económicos, pero estructuras favorables, especialmente en rocas verdes, rocas ultramáficas y turbiditas (formaciones de tipo Alao-Paute, Peltetec y Maguazo) podrían albergar valiosas vetas bonanza de oro en zonas de cizalla. Esto es respaldado por la ocurrencia de un intenso veteado de cuarzo asociado con el frente de Baños en el área del Río Alao (este estudio y Litherland et al., 1990).

La piritita diseminada (singenética) en esquistos/pizarras negras (ej. Río Paute) no se considera económica, pero la estrecha asociación espacial entre los sedimentos de aguas profundas con flujos de lava metavolcánica de rocas verdes, tobas y brechas podría indicar potencial para sulfuros masivos volcanogénicos dentro de las litologías de la subdivisión Maguazo y Alao-Paute.

El potencial de sulfuros masivos volcanogénicos de las rocas verdes de la subdivisión Alao-Paute ha sido confirmado por la mineralización de Mina de Pilas. Aunque no es económica por sí misma, esta mineralización representa un entorno de formación de mena favorable para la formación de depósitos polimetálicos. Mina de Pilas podría, de hecho, ser parte de tal depósito. El potencial económico es muy bueno y se recomienda encarecidamente una exploración de seguimiento exhaustiva.

La mineralización de sulfuros magmáticos (Cu-Ni-Fe), cromo y metales del grupo del platino (MGP) puede estar relacionada con intrusiones máficas/ultramáficas del tipo Tampanchi, pero el pequeño tamaño de estas intrusiones no es económicamente alentador. Mineralización similar podría estar relacionada con las ofiolitas de la subdivisión Peltetec y estas deberían ser examinadas.



4. REFERENCIAS

CLARKE, M. C. G. (1989) Contribution to the understanding of the mineral potential of the southern Ecuadorian Andes. British Geological Survey, Technical Report WC/89/12 Overseas Geology series.

LITHERLAND, M. et al. (1990) La geología y potencial mineral de la Cordillera Real, Ecuador, INEMIN-Misión Británica.

INEMIN-Misión Belga (1988) Inventario, clasificación y metalogenia de las mineralizaciones polimetálicas en el Ecuador. INEMIN, Quito (no publicado).

NAVARRO, M. (1986) Investigación histórica de la minería en el Ecuador, INEMIN, Quito.

GOOSSENS, P. J. (1972) Los yacimientos e indicios de minerales metálicos de la República del Ecuador, Universidad de Guayaquil.

Dr. Richard A. Jemielita

No. 5652

QUITO, JULIO 23, 1991

PARA : ING. WILSON SANTAMARÍA

DE : DR. RICHARD JEMIELITA

ASUNTO : Informe de comisión de las áreas de: Isimanchi, Malacatus, Jimbura-Amaluza, Yangana, San Antonio, Saraguro, Sigsig, Pilzhum, del 05 al 29 de mayo, 1991.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Geológico Cordillera Real, de Cooperación técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, en su tercera fase contempla el subproyecto Potencial Económico de la Cordillera Real.

Por este motivo se llevó a cabo la comisión de servicios del 05 al 29 de mayo, con el fin de continuar los trabajos geológico-mineralógicos, y estudios de los afloramientos de las áreas de interés del subproyecto.

1.2 Objetivo

Continuar con los trabajos de investigación geo-mineralógicos y evaluación minera en la franja que comprende la Cordillera Real de los Andes, para poder determinar en el futuro su potencial económico encaminado al desarrollo minero nacional.

1.3 Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo integrada por:

Dr. Richard Jemielita (ODA/BGS)

Egdo. Johnson Bolaños (INEMIN)

Sr. Manuel Céleri (INEMIN)



1.4 Medio de transporte

Jeep Land Rover placa AT-0274 de la Misión Británica.

1.5 Detalle de actividades

Mes	Día	Travesía
Mayo	05	Quito-Cuenca (Sr chofer)
	06	Quito-Cuenca (técnicos)
	07	Cuenca-Amaluza-Loja
	08	Loja-Jimbura-Loja
	09	Loja-Palanda
	10	Palanda-Río Isimanchi-Palanda
	11	Palanda-Río Numbala-Valladolid
	12	Valladolid-Ventanilla-Yangana
	13	Yangana-Suro-Loja
	14	Loja-Quebrada Salado Negro-Las Aradas
	15	Las Aradas-Río Pindo-El Tingo-Loja
	16	Loja-Quebrada de Minas-Vilcabamba
	17	Vilcabamba-Río Malacatus-Vilcabamba
	18	Vilcabamba-Río Calanuma-Loja
	19	Loja-Santiago-Loja
	20	Loja-Río Aguarnupa-Loja
	21	Loja-Potreriillos-Cuenca
	22	Cuenca-Oña-Nabón
	23	Nabón-Conejo Huaycu-Cochapata
	24	Cochapata-Río Shincata
	25	Río Shincata-Río Betas
	26	Río Betas-Las Palmas
	27	Río Las Palmas-Río Conventillo
	28	Río Conventillo-Rodeo-Cuenca
	29	Cuenca-Quito.

1.7 Acceso

Algunos tramos de las áreas de estudio son accesibles por vehículo (Land Rover), tal como la zona de Sigsig. Pero en tramos altos de la Cordillera que generalmente sobrepasan los 3500 m.s.n.m. es necesario usar mulas y caminar para llegar a los puntos de interés; así por ejemplo al Río Isimanchi.

2. GEOLOGÍA

2.1 Área del Río Isimanchi (Mapa 2a)

La parte examinada del área del Río Isimanchi se ubica a unos 17 km al sur-sureste del pueblo de Jimbura, en el sur de Ecuador, cerca de la frontera con Perú. El acceso se realiza en mula y a pie por la carretera Jimbura-Zumba, la cual es inaccesible para vehículos motorizados debido a varios deslizamientos de tierra. Las altitudes en el área de estudio oscilan entre los 2650 y los 3500 metros, y la topografía local es escarpada. Las laderas están cubiertas por un bosque denso y el clima es brumoso, húmedo y frecuentemente frío. Las zonas más altas presentan vegetación tipo páramo. El área fue recorrida previamente por Aspden (Misión Británica), quien reportó la presencia de anomalías de Au, Ag, Cu, Zn, Mo y Sn en muestras de sedimentos fluviales.

Las rocas expuestas a lo largo de la ruta de acceso comprenden principalmente granodioritas y dioritas del batolito de Portachuela. En el área de estudio, la granodiorita epidotizada es común. Se presenta esquisto alterado/sericitizado (granodiorita cizallada), junto con pórfido biotítico y feldespato-fírico, y pórfido caolinizado/piritizado. Se observa un pórfido silicificado, gris y homogéneo con piritita diseminada, así como una veta de cuarzo con presencia de piritita. En la quebrada Charrera Negra ocurre un afloramiento interesante de brecha feldespato-fírica cementada por piritita, la cual ha sido prospectada mediante pozos superficiales en algunos puntos. Una prominente zona de roca mineralizada de color rojizo está expuesta por un deslizamiento a 0.5 km al este de las confluencias del Río Isimanchi y la quebrada Los Colorados.

Los bloques en el Río Isimanchi comprenden granodiorita epidotizada, pórfido de biotita-cuarzo-feldespato, granitoides y esquistos de grano fino de color gris oscuro a verde. Se observaron algunos esquistos y rocas de color marrón teñidos con óxido de hierro y/o con presencia de piritita (posiblemente skarns). Los arroyos (quebrada Golpadero, quebrada Calderon, quebrada 25 de Diciembre) que drenan hacia el Río Isimanchi contienen bloques de esquisto micáceo o gneis y brecha de intrusión de granodiorita rica en xenolitos.

El área es esencialmente un terreno de granodiorita-diorita batolítica con esquistos adyacentes. Pórfidos hipabisales posteriores intruyen el batolito. Tanto el batolito como los pórfidos están mineralizados en algunos lugares con epidota, sericita/caolinita y piritita, siendo estas relativamente comunes. Las anomalías en sedimentos fluviales indican un potencial de mineralización de Au, Ag, Cu, Zn, Mo y Sn, que podría estar relacionada con las rocas plutónicas del batolito de Portachuela, o con los pórfidos posteriores, o con ambos. La exploración se verá dificultada por el terreno boscoso, empinado y accidentado, y por el clima húmedo.

2.2 Área de Jimbura-Amaluza

Esta área comprende rocas de la Formación Sacapalca de volcánicos y volcanoclásticos, y no se encuentra estrictamente dentro del área del estudio de la Cordillera Real. No obstante, se debe prestar atención a las extensas e intensas zonas de alteración hidrotermal expresadas comúnmente como zonas de rocas alteradas en arcilla de color blanco, amarillo y rojo en esta área, las cuales pueden tener potencial para depósitos minerales de tipo epitermal. Se recomienda que estas rocas sean examinadas de cerca en el futuro.



2.2.1 San Antonio de las Aradas (Mapa 2b)

Una anomalía previa de tungsteno en sedimentos fluviales (U.N.) fue reportada en la quebrada Salado Negro, a unos 5 km al este del pueblo de San Antonio de las Aradas. El acceso se realizó a través de senderos a pie. Las altitudes en el área de interés oscilan entre los 1600 y los 2000 metros. La topografía local es moderadamente escarpada y se encuentra mayormente en terrenos agrícolas abiertos. Las rocas locales son esquistos micáceos grafiticos negros y grises de la subdivisión Chigüinda (división Loja) de Litherland et al. (1990). Son comunes las vetas de cuarzo de hasta 1 metro de espesor, a veces con manchas de óxido de hierro marrón. La alteración rojo-blanca, similar a la observada en Jimbura-Amaluza, también es relativamente común en el área. La quebrada Salado Negro contiene bloques de granodiorita de grano medio y cuarzo de veta blanco masivo, con roca de caja de esquistos micáceos adherida. El esquistos micáceo constituye la mayor parte de los bloques más pequeños. La orientación de lineaciones medidas localmente están alrededor de N169°E con plunges de 22° hacia el sur. Se tomaron concentrados de batea de sedimentos fluviales. Un guía local afirmó que se había obtenido oro en la cercana quebrada Guineo, hacia el noreste, y que se conocen labores incaicas antiguas en la zona de páramo hacia el este y suroeste. El tungsteno en los sedimentos fluviales puede estar relacionado con granitos y/o vetas hidrotermales en el área, y podría presentarse en forma de wolframita o scheelita, o ambas. Esto espera la confirmación de laboratorio. Las vetas manchadas con óxido de hierro pueden tener potencial para mineralización de oro.

2.2.2 Yangana (Mapa 2c)

El área examinada se encuentra entre 0.5 km y 2.0 km al norte-noreste del pueblo de Yangana, entre las altitudes de 1845 metros y 1960 metros. El acceso es por un sendero accidentado a lo largo del Río Chinguana. La topografía local es moderadamente escarpada con una mezcla de terrenos agrícolas y matorrales, con bosque denso en las altitudes superiores. Las rocas expuestas son principalmente pizarras y esquistos grafiticos negros de la subdivisión Chigüinda (división Loja) de Litherland et al. (1990). Estas se encuentran cubiertas de forma extensa y discordante por sedimentos de la Formación Quillollaco del Mio-Plioceno. Hacia el sureste de Yangana, en la confluencia del Río Chiriguana y el Río Maco, los bloques del río están dominados por granito, granodiorita y esquistos granodioríticos, así como esquistos negros (algunos con manchas de óxido de hierro marrón). Al avanzar hacia el este por el Río Chiriguana, se encontraron litologías similares, así como esquistos de color gris plateado, gris y verde, y bloques fuertemente manchados con óxido de hierro de granodiorita de grano medio a grueso, granular, sacaroidea (alterada) con pirita diseminada. Los bloques de cuarzo de veta blanco tipo “bull” son bastante comunes. También son comunes los bloques grandes de roca gris de grano fino (silicificada). Vetas de cuarzo oqueroso, a veces con manchas de óxido de hierro marrón, cortan algunas de las litologías descritas. Se encontraron algunos bloques redondeados de pegmatita granítica de grano muy grueso con turmalina negra. Se observó una muestra de pegmatita cortando la foliación de un esquistos biotítico.

Se visitó una pequeña mina, aparentemente trabajada para oro en vetas de cuarzo con presencia de pirita que cortan esquistos grafiticos negros. Se ha excavado una galería horizontal hacia el sur en filitas de color gris oscuro con un fuerte buzamiento hacia el este, aproximadamente a N10°E. La mina era inaccesible (puerta cerrada), pero en la escombrera de la mina había cuarzo de veta blanco a escala centimétrica que contenía un poco de carbonato amarillo. Las vetas parecen ser discordantes con la foliación. Existen indicios considerables de mineralización en esta área, mayormente relacionados con el magmatismo de granodiorita/granito. El área de origen de los bloques mineralizados del río podría justificar un estudio más detallado.

2.2.3 Vía a San Antonio (Mapa 2c)

Esta área se encuentra a unos 5 km al sureste de Yangana y es accesible mediante vehículos de doble tracción. Las rocas están mejor expuestas en el corte de la carretera; de lo contrario, el área está cubierta por un bosque denso. Las rocas de caja son esquistos de biotita-cuarzo-feldespato de grano medio a grueso con una fuerte foliación. En los cortes de la carretera, a lo largo de una distancia de aproximadamente 0.5 km, se presenta una tinción de óxido de hierro de color amarillo-negro y pirita diseminada moderadamente abundante en el esquisto. Algunas superficies exponen vetas de cuarzo oqueroso y, en una localidad, se observó molibdenita y un polvo amarillo-verde (posiblemente ferrimolibdita) recubriendo las superficies de las fracturas. La mineralización es de tipo veta y diseminada, y puede estar relacionada con fallamientos e intrusiones ígneas cercanas.

2.2.4 Malacatus-Cerro Minas (Mapa 2d)

El Cerro Minas es una notable colina de color rojo y forma cónica ubicada a 3 km al suroeste del pueblo de Malacatos. Las rocas de caja en las cercanías de la colina incluyen esquisto micáceo gris de grano fino, esquisto biotítico y granodiorita (división Loja) y limolitas arenosas (Formación San Cayetano del Mioceno). El área está erróneamente cartografiada en el mapa geológico a escala 1:100000 de Gonzanamá como rocas volcánicas de la Formación Loma Blanca. El Cerro Minas en sí comprende predominantemente esquistos micáceos biotíticos y granodiorita de grano medio. Estas rocas presentan una alteración hidrotermal variable y exhiben la coloración roja típica de la colina. Los fragmentos de derrubio encontrados en las carreteras de acceso para perforación en el lado este de la colina incluyen brecha cementada por cuarzo oqueroso con fragmentos de pórfido alterados y teñidos de óxido de hierro marrón, cuarzo de veta de grano fino con abundante pirita de grano fino, fluorita púrpura cristalina, cuarzo de veta cristalino oqueroso, pórfido alterado blanco, riolita bandeada por flujo, andesita porfídica verde y un gossan ferruginoso marrón masivo.

En el lado noreste del Cerro Minas, una rampa poco profunda corta una brecha intrusiva compuesta por fragmentos gruesos de esquisto micáceo alterado cementados con cuarzo. Son comunes los minerales eflorescentes verdes (cobre), junto con óxidos de hierro y manganeso. La brecha intrusiva está expuesta por encima y por debajo de la rampa en un ancho de ca. 180 metros y una altitud de al menos 30 metros. La brecha intrusiva es compleja y compuesta, y está fuertemente vetada, alterada hidrotermalmente y mineralizada. La sección sobre la rampa ha sido expuesta mediante trincheras.

Las rocas expuestas por la trinchera de exploración (45 m de ancho) comprenden brechas intrusivas variablemente alteradas con una fuerte tinción de óxido de hierro de color rojo-marrón, óxidos de manganeso negros y vetas estrechas (<1 cm de ancho) de cuarzo oqueroso. Las brechas varían de grano fino a grueso y son de tipo soportadas tanto por clastos como por matriz. Los clastos incluyen pórfido y, más comúnmente, esquisto micáceo de grano fino. Las vetas de cuarzo y la silicificación son comunes en varios puntos. La mineralización de sulfuros es predominantemente pirita y esfalerita. En una localidad, la esfalerita recubre fragmentos de brecha en una brecha de textura abierta, oquerosa y soportada por clastos. Las fracturas y vetas tienden a formar un grupo paralelo en este afloramiento. Un dique intrusivo granular, de grano fino y color gris-verde corta el afloramiento en una localidad y contiene parches irregulares de fluorita púrpura. La mineralización es de tipo veta epitermal y brecha intrusiva, probablemente relacionada con una o más intrusiones porfídicas ocultas.

2.2.5 Río Masa

Este río fluye hacia el oeste desde la Cordillera Oriental de los Andes y fue examinado aproximadamente a 2 km al noreste del pueblo de Masanamaca, unos 0.5 km aguas arriba de la confluencia con el Río Santa Cruz. La topografía local es escarpada y se encuentra principalmente en terrenos agrícolas. Las rocas de caja son esquistos de color negro-gris con buzamiento hacia el este y cuarcitas intercaladas de la subdivisión Chigüinda (división Loja). Los bloques del río están dominados por granito/granodiorita, esquistos biotíticos, esquistos de color negro-gris y, menos común, grandes bloques de cuarzo de veta blanco tipo “bull”.

El Río Santa Cruz, a unos 300 metros aguas arriba del Río Masa, contiene bloques de granodiorita granular de grano medio con lentes de cuarzo y xenolitos alineados que definen una fábrica. Otras litologías incluyen granito de biotita-moscovita, cuarzo de veta blanco masivo, esquistos biotíticos o gneis, cuarcita, leuco-diorita verde y, con menor frecuencia, pórfido andesítico verde. Se observó un bloque blanco de pegmatita de cuarzo-feldespatos. La mineralización se expresa por algo de pirita de grano fino observada en una cuarcita y una tinción de óxido de hierro marrón de débil a moderada en algunos bloques de granodiorita. Aparentemente se ha obtenido oro de la quebrada de Minas, un afluente del Río Masa, pero esta área no fue visitada.

2.2.6 Loja-Río Malacatus

El Río Malacatus, al sur de Loja, es trabajado para la obtención de oro aluvial, y se dice que los afluentes del río en ambas márgenes son auríferos. Se examinó el oro en una ubicación a unos 5 km al sur de Loja. El oro consiste en discos o láminas bastante desgastados por el agua, así como granos, con superficies picadas. El oro es de color amarillo intenso y los mineros locales estiman que una producción de 3 g por día es razonable. Esta área será visitada nuevamente para un estudio más detallado.

2.2.7 Santiago-Quebrada de Minas (Mapa 2e)

Se accedió a la Quebrada de Minas a pie a través de la Quebrada El Sauce, a una distancia de 4.5 km. Las altitudes oscilan entre los 2400 metros y los 3000 metros. La topografía local es moderadamente escarpada, con terrenos agrícolas y bosque denso en las altitudes bajas y altas, respectivamente. Los bloques en ambas quebradas están dominados por granodiorita (San Lucas) de grano medio a grueso y andesita verde grisácea con algunas brechas volcánicas gruesas. El tramo superior de la Quebrada de Minas fue muestreado mediante bateo, pero el rendimiento de minerales pesados fue pobre y no se observó oro visible. El área alrededor del pueblo de Santiago presenta extensas rocas volcánicas alteradas hidrotermalmente de color blanco-amarillo-rojo, las cuales deberían ser investigadas por su potencial de mineralización epitermal. Por lo demás, no se observaron signos notables de mineralización.

2.2.8 Lomo del Loro (Mapa 2f)

A 1.5 km al norte de Lomo del Loro y aproximadamente a 6 km al sur del pueblo de Saraguro, a lo largo de una carretera nueva, se encuentra expuesta en el corte de la vía una espectacular intrusión de pórfido dacítico mineralizado y alterado hidrotermalmente, de colores blanco, amarillo y rojo, junto con brechas intrusivas asociadas.

Se exponen al menos cuatro tipos diferentes de brechas intrusivas:

- i)** Brecha de color gris, de grano medio, soportada por matriz, con fragmentos angulares de color rosado, alterados, de dacita/riolita cuarzo-fírica y pórfido feldespato-fírico, junto con fragmentos más pequeños de esquisto negro de grano fino. La matriz comprende harina de roca de grano fino dominada por feldespato alterado. Esta brecha contiene pirita diseminada de grano fino y está expuesta horizontalmente a lo largo de unos 120 metros.
- ii)** Brecha intrusiva de grano fino a medio, soportada por matriz, con una matriz negra de grano fino y clastos de dacita gris. Esta brecha forma pequeños diques y vetas irregulares, que generalmente cortan el pórfido dacítico.
- iii)** Brecha intrusiva de grano medio a grueso. Esta brecha está soportada por clastos con fragmentos de pórfido y esquisto negro. La brecha suele ser blanda, meteorizada y hematizada, y está expuesta horizontalmente a lo largo de unos 30 metros.
- iv)** Brecha soportada por clastos, de grano muy grueso, con fragmentos de dacita alterada en una matriz de harina de roca de grano fino. La pirita se encuentra comúnmente diseminada dentro de los fragmentos y recubre sus superficies. Esta brecha está expuesta horizontalmente a lo largo de unos 30 metros.

Además, el corte de la carretera expone un pórfido dacítico cuarzo-feldespato-fírico variablemente alterado/silicificado que comúnmente está oxidado y teñido de rojo, amarillo y marrón con óxidos de hierro. El pórfido está expuesto en dos localidades en distancias horizontales de 160 metros y 375 metros. En el extremo occidental del corte de la carretera, el pórfido dacítico presenta un contacto intrusivo contra esquistos micáceos, estos últimos probablemente miembros de la subdivisión Agoyán (división Loja).

La mineralización comprende sulfuros diseminados en intrusiones de pórfido y brechas intrusivas. También se observaron vetas de cuarzo con presencia de sulfuros. Este corte de carretera expone pórfidos y brechas mineralizados nuevos y previamente no documentados, por lo que deberían ser examinados con mayor detalle.

2.2.9 Cerro Puglla (Mapa 2f)

En el lado sureste del Cerro Puglla, aproximadamente a 3 km al sureste del pueblo de Saraguro, un corte en la nueva carretera a Loja expone una ladera de fragmentos de roca y suelo arcilloso de color rojo-amarillo-gris que contiene una variedad de rocas mineralizadas: por ejemplo, pórfido de latita feldespato-fírico de color gris-verde, roca silicificada de grano fino de color púrpura-gris con pirita diseminada, pórfido silicificado de grano fino de color oscuro y gris-púrpura con pirita diseminada (una muestra presenta pequeñas vetas de brecha), toba de color verde-púrpura (¿soldada?) con bandeamiento de flujo, una variedad de rocas silicificadas granulares de grano fino con pirita diseminada, incluyendo una muestra con láminas hexagonales de grano medio y color rosado de alunita; cuarzo calcedónico de color gris-blanco con feldespato alterado y brecha volcánica gruesa.

La naturaleza de este depósito es problemática. Podría ser una brecha volcánica o un depósito de deslizamiento (slump) volcanosedimentario, o una brecha intrusiva meteorizada y mineralizada. No obstante, la mineralización es significativa y ocurre dentro de una de las zonas de alteración roja que se ven comúnmente en el área de Saraguro. Las rocas locales son volcanoclásticos de las Formaciones Saraguro y/o Tarqui. Esta mineralización confirma la ocurrencia de depósitos de tipo epitermal en el área y debería ser investigada más a fondo.

2.2.10 Anomalía de Sn-W en sedimentos fluviales de Saraguro (Mapa 2f)

Se examinó y se volvió a muestrear una anomalía de estaño-tungsteno en sedimentos fluviales, reportada previamente por U.N. y Clarke (1989). El área de interés se encuentra en el Río Casaturu (mal llamado Río Pichanal en los mapas geológicos y topográficos), a unos 11 km al este del pueblo de Saraguro.

El acceso fue mediante Land Rover y a pie. La topografía local es de suave a moderadamente escarpada y mayormente en terrenos agrícolas; las altitudes oscilan entre los 2600 metros y los 2800 metros en el área de interés. Hacia el este y en las altitudes superiores predomina el bosque denso. Las rocas encontradas incluyen rocas volcánicas y volcanoclásticas alteradas hidrotermalmente de manera variable, pórfido e intrusiones de granodiorita y, hacia el este, esquistos micáceos de las subdivisiones Agoyán o Tres Lagunas (división Loja). A lo largo del sendero de acceso en la margen norte del Río Casaturu se observaron prominentes bloques grandes de cuarzo de veta blanco tipo “bull”.

En el Río Casaturu, justo al oeste de su confluencia con la quebrada Artezones, los bloques están dominados por esquisto micáceo de color gris-púrpura y grano fino, granodiorita cizallada (esquisto), granito granular de grano medio, tobas volcánicas grises, esquisto verde de pórfido dacítico feldespato-fírico, cuarzo granular fino gris y cuarzo de veta blanco tipo “bull”. Algunos bloques de granito tienen vetillas o vetas negras de un mineral negro estriado (biotita, hornblenda, turmalina o casiterita). Se tomaron muestras de sedimentos fluviales.

Se examinó otro sitio de muestreo en el Río Casaturu, unos 10 metros aguas arriba de la confluencia con la quebrada Artezones. La roca de caja en esta localidad comprende esquisto micáceo gris-púrpura de grano fino con algunas manchas de óxido de hierro marrón, y un conjunto similar de litologías en los bloques del río respecto a la ubicación anterior.

Se examinó y muestreó una tercera localidad en la quebrada Artezones, unos 30 metros aguas arriba de la confluencia con el Río Casaturu. Los bloques del río aquí son predominantemente esquisto micáceo gris de grano fino, con menos bloques de granitoides que en las localidades anteriores. Se observaron algunos bloques de pórfido gris de grano medio y cuarzo de veta blanco masivo tipo “bull”, junto con toba volcánica amarilla y milonita/esquisto silíceo cizallado.

Es probable que la anomalía de estaño/tungsteno en los sedimentos fluviales esté asociada con una mineralización primaria relacionada con granitos en el área de origen hacia el este.

2.3 Área de Saraguro - Observaciones generales

El área de Saraguro está dominada por flujos de lava y rocas volcanoclásticas de la Formación Saraguro del Eoceno(?) y la Formación Tarqui del Pleistoceno. Una vista general del área revela numerosas zonas de rocas volcánicas alteradas hidrotermalmente en colores rojo y blanco. Esta área debería ser examinada con más detalle por su potencial de depósitos minerales epitermales.

2.3.1 Río Shincata-Río Betas (Nabón-Cochapata) (Mapa 2a)

Los ríos Shincata y Betas ocupan un área de aproximadamente 20 km × 8 km al este de los pueblos de Nabón y Cochapata. La topografía es más bien atenuada, con terrazas fluviales planas y colinas redondeadas, excepto en las cabeceras de los ríos donde las pendientes se vuelven más pronunciadas. Las altitudes en el área de interés oscilan entre los 3000 y 3200 metros. El acceso es generalmente bueno para vehículos de doble tracción, especialmente a lo largo de las carreteras de acceso a las minas (la compañía minera Shincata-Bestión ha construido algunas carreteras nuevas). En otros lugares, el acceso es bueno a pie a través de terreno tipo páramo.

El área del Río Shincata es famosa por su producción de oro y tiene una larga historia de explotación. Son comunes las labores aluviales precoloniales, posiblemente preincaicas, y la minería aluvial continúa en la actualidad. Todas las labores son de tipo aluvial y explotan paleoterrazas fluviales. No se observaron labores en sedimentos fluviales activos.

Las paleoterrazas fluviales comprenden conglomerados de guijarros de cuarzo (no litificados) con una selección pobre y una estratificación que varía de pobre a buena. Los conglomerados son generalmente de cuarzo puro con algunos guijarros redondeados de turmalina negra, los cuales son utilizados por los mineros locales como indicadores de material aurífero. El oro es generalmente de un color amarillo intenso, de grano más bien fino, bien redondeado y con forma de pepita.

Algunas terrazas comprenden conglomerados polimícticos que contienen bloques redondeados de varios tipos de esquisto micáceo de color gris, granitoides de grano medio a grueso, roca granular silícea cizallada y teñida de óxido de hierro marrón con piritita diseminada, doleritas de grano fino a medio, guijarros de cuarzo de veta con turmalina y oro fino.

Muchas de las labores aluviales se encuentran en terrazas de tipo meandro abandonado (ox-bow), pero otras ocurren a decenas de metros por encima del sistema fluvial actual como paleoterrazas. La génesis de los conglomerados de guijarros de cuarzo puro es enigmática, pero los depósitos de oro de tipo paleoplacer con una composición original similar son bien conocidos en otras partes del mundo, por ejemplo, los enormes depósitos de oro de Witwatersrand en Sudáfrica.

Las rocas de caja en el área de Río Shincata-Río Betas son predominantemente esquistos biotíticos de grano fino a grueso de la subdivisión Tres Lagunas o posiblemente de la subdivisión Agoyán (división Loja), y en algunos casos pueden ser equivalentes cizallados del granito Tres Lagunas. Se observaron vetas de cuarzo con estructura boudinage cortando el basamento de esquisto, y numerosos bloques de cuarzo de veta angular, que a veces contienen turmalina, forman rasgos lineales (que delimitan vetas) que cruzan el páramo. La asociación cuarzo-turmalina es, por lo tanto, común tanto en los depósitos aluviales de paleoterrazas fluviales como en las vetas del basamento, y es probable que el oro de los primeros se derive de estos últimos depósitos.

En el área norte del Río Shincata, las labores a cielo abierto (Mina Rea) exponen un esquisto micáceo fuertemente foliado cubierto por un suelo rico en arcilla de color rojizo (¿laterita?) que contiene guijarros de cuarzo redondeados y rocas granulares (granito) relictas y meteorizadas (podridas). Este suelo podría indicar un episodio previo de meteorización tropical húmeda que habría convertido los granitoides y esquistos en minerales arcillosos y óxidos de hierro/aluminio, dejando cuarzo, turmalina y oro como depósitos residuales tras la erosión. Esto podría explicar la génesis de los depósitos de terraza de cuarzo-turmalina-oro. Se requerirá un estudio más detallado para probar esta hipótesis.

La asociación de vetas de cuarzo-turmalina-oro es común en depósitos de vetas alojadas en zonas de cizalla, como por ejemplo en los cinturones de rocas verdes del Arcaico en todo el mundo, y en depósitos más jóvenes como el cinturón de oro de Mother lode en California. Tales depósitos no han sido documentados previamente en Ecuador. Este tipo de mineralización se asocia comúnmente con extensas fallas o zonas de cizalla. Es interesante notar que el área de Río Shincata-Río Betas está dominada por esquistos micáceos fuertemente foliados/cizallados y es parte del frente de Baños, descrito por Aspden (Misión Británica) como una zona de cizalla regionalmente extensa con una mineralización de oro estrechamente asociada en el espacio.

El área de Río Shincata-Río Betas tiene un muy buen potencial para la minería de oro aluvial y existe potencial para la minería de roca dura en las vetas de cuarzo.

2.3.2 Sigsig-Mina Peggy (Mapa 2h)

La mina Peggy y el área mineralizada circundante se localizan a unos 5 km al sur-sureste del pueblo de Sigsig, a una altitud de 2400 a 2800 metros. La topografía local es muy escarpada con vegetación de tipo páramo. El área ha sido descrita por varias organizaciones e individuos (INEMIN-Misión Belga, 1989; Litherland et al., 1990; Jemielita, 1991). El área fue visitada nuevamente para examinar las minas y la mineralización con mayor detalle.

Se examinaron las labores de oro aluvial en el Río Santa Bárbara, en las inmediaciones de la Mina Peggy. Las labores de placer se encuentran en sedimentos fluviales con una selección muy pobre, que van desde bloques de ca. 2 metros de diámetro hasta material del tamaño de la arena. Los bloques del río comprenden granito Tres Lagunas, de angular a subredondeado y de gran tamaño, con prominentes cristales de cuarzo azul. Esta litología varía de una textura granular a esquistosa. También se presentan leuco-diorita granular gris de grano fino, pórfido dacítico feldespato-cuarzo-fírico gris de grano fino, cuarzo de veta blanco tipo “bull” y micro-granodiorita biotítica. Las labores también producen bloques mineralizados redondeados que incluyen vetas de arsenopirita cristalina gruesa/cuarzo, cuarzo de veta oqueroso con esfalerita roja, y cuarzo de veta bandeado oscuro con arsenopirita y calcopirita. El oro aluvial es de grano más bien grueso y desgastado por el agua, y forma láminas redondeadas. Cada mina aluvial es trabajada por una “sociedad” de unos cuatro a ocho hombres. Tres “sociedades” estaban trabajando en el área y se considera que un rendimiento diario de 10 a 15 g de oro es el promedio para una mina.

Se examinaron varias galerías de minas antiguas en el área. Las galerías eran accesibles, pero los frentes y las paredes estaban recubiertas de óxidos de hierro y suciedad, por lo que se pudo obtener poca información.

Las escombreras de la Mina Peggy produjeron muestras de brecha cementada por turmalina y esquistos con mineralización de pirita y calcopirita, así como riolita blanca alterada con vetillas de esfalerita y brecha de riolita cementada por esfalerita. También se observó una brecha intrusiva gris soportada por matriz. Se observó mena de calcopirita masiva con pirita y arsenopirita, lo cual probablemente representa el principal tipo de mena explotado previamente en las minas.

En las cercanías de la quebrada Reote, se encontraron bloques redondeados de brecha cementada por turmalina, brecha de esquistos micáceos sericitizados y brecha de esquistos micáceos cloritizados en la escombrera de una labor de oro aluvial abandonada. Las paredes de la quebrada cerca de la carretera comprenden esquistos micáceos sericitizados (a veces con manchas verdes de malaquita), diques de riolita cuarzo-fírica (a veces ricos en xenolitos) y diques de brecha riolítica.



Aproximadamente 300 metros al norte de la quebrada Reote se examinaron labores extensas que cortan un esquistos micáceo y una chimenea de brecha soportada por clastos, rica en clastos de pórfido. La galería inferior (a nivel del río) tiene unos 240 metros de labores y la galería superior (a nivel de la carretera) unos 50 metros. Las rocas expuestas incluyen brecha intrusiva, riolita alterada blanca (dique) y esquistos micáceo. La mineralización no era evidente, pero en el nivel superior se observaron algunas manchas verdes de malaquita.

A pesar de los exámenes y descripciones previas, la Mina Peggy y el área circundante no son bien conocidas ni están documentadas. Esta zona debe ser examinada, mapeada y muestreada con mucho más detalle. Se considera que el área tiene un excelente potencial económico.

2.3.3 Pilzhum (Mapa 2i)

El área de la mina Pilzhum se localiza a unos 16 km de Azogues, cerca de la carretera a Taday, a una altitud de 3400 a 3765 metros. La topografía es moderadamente escarpada, con terreno tipo páramo. La mina y el área circundante han sido examinadas por varios individuos y organizaciones (INEMIN-Misión Belga, 1988; Jemielita, 1991) y actualmente está siendo examinada por la compañía minera Newmont, que posee la concesión minera.

Se examinaron y muestrearon escombreras de la mina en el área de la Quebrada de Minas.

El material de desecho de la mina incluye pórfido gris, silicificado y piritizado, brechas de veta, pórfido andesítico gris de grano fino y silicificado con pirita diseminada y en vetillas de grano fino y posiblemente otros sulfuros, cuarzo vuggy, material de veta silíceo negro con sulfuros de grano fino y láminas de finas a gruesas de baritina vítrea, y microbrechas con sulfuros diseminados. El material de veta con baritina de láminas gruesas es común.

El área de la mina Pilzhum tiene una larga historia de explotación, principalmente de plata. Es probable que la producción futura dependa de los valores de oro. Esta es una mina importante y debe ser examinada con mayor detalle.

3. METALOGÉNESIS Y POTENCIAL MINERAL

La mineralización examinada durante este levantamiento de campo puede clasificarse de la siguiente manera:

- i)** Vetillas polimetálicas relacionadas con pórfidos, brechas intrusivas y mineralización diseminada.
- ii)** Mineralización epitermal (Au-Ag) hospedada en rocas volcánicas.
- iii)** Vetas de cuarzo-turmalina-oro hospedadas en zonas de cizalla.
- iv)** Depósitos de placeres oligomícticos y paleoplaceres de conglomerados de guijarros de cuarzo-turmalina-oro.
- v)** Depósitos aluviales de estaño y/o wolframio posiblemente relacionados con fuentes de vetas primarias.
- f)** Vetas de greisen/pegmatita.

Los depósitos de tipo veta polimetálicos relacionados con pórfidos (Río Isimanchi, Sigsig-Mina Peggy, Pilzhum) se encuentran en áreas de mineralización y alteración extensa y, a veces, intensa, con buen potencial para el descubrimiento de mayor mineralización. El área del Río Isimanchi se ve dificultada por el mal acceso y un terreno extremadamente accidentado, pero tiene el potencial de ser un área anteriormente muy poco explorada con buenos indicios minerales.

Las brechas intrusivas relacionadas con pórfidos y la mineralización diseminada fueron examinadas en el Cerro de Minas cerca de Malacatus, Lomo del Loro (cerca de Fierro Urcu, un depósito mineral conocido, pero subeconómico), en Sigsig-Mina Peggy y Pilzhum. La mayoría de estas áreas presentan una fuerte mineralización polimetálica y alteración hidrotermal, y su potencial económico se considera excelente, tanto dentro de las áreas mineralizadas conocidas como en sus alrededores.

La mineralización epitermal (Au-Ag) hospedada en rocas volcánicas solo ha sido identificada positivamente y explotada en Pilzhum, pero se cree que existe un buen potencial para el descubrimiento de tales depósitos en las rocas volcánicas alteradas hidrotermalmente alrededor de Jimbura-Amaluza, Saraguro y, sin duda, en otras áreas de actividad volcánica joven en el Ecuador.

Se han localizado vetas de cuarzo-turmalina (Au) hospedadas en zonas de cizalla en los esquistos micáceos del basamento en el área de Río Shincata-Río Betas y representan un nuevo tipo de ocurrencia mineral previamente indocumentada en el Ecuador. Este tipo de mineralización ha contribuido con una cantidad significativa al oro total producido en términos mundiales, generalmente a partir de cinturones de rocas verdes del Arcaico, pero a veces de terrenos más jóvenes. La economía de la explotación de tales depósitos hoy en día es cuestionable, pero el potencial de esta mineralización no debe pasarse por alto.

Los depósitos aluviales de cuarzo-turmalina-oro del área de Río Shincata-Río Betas son extensos y podrían compensar la inversión en labores aluviales a gran escala. Los placeres de oro en conglomerados polimícticos que se encuentran más comúnmente en la Cordillera Real son generalmente pequeños y difíciles de trabajar por medios mecánicos, por lo tanto, su potencial se considera bajo, excepto para labores artesanales a pequeña escala.

4. REFERENCIAS

CLARKE, M. C. G. (1989) Contribution to the understanding of the mineral potential of the southern Ecuadorian Andes. British Geological Survey. Technical Report WC/89/12 Overseas Series.

INEMIN-Misión Belga (1988) Inventario, clasificación, metalogenia de las mineralizaciones polimetálicas en el Ecuador. INEMIN, Quito (no publicado).

Jemielita, R. A. (1991) Informe de comisión a las provincias de Azuay (Minas de San Bartolomé, Pilzhum, Sigsig) y Chimborazo (Alao, Peltetec, Condorazo), del 18 de febrero al 08 de marzo, 1991. INEMIN, No. 3674.

U.N.D.P. (1972a, b) See Saraguro sheet 55. Technical report 13, 14.

Mapas geológicos (escala 1:100000): 55-Saraguro, 56-Loja, 57-Gonzanamá, 58-Las Aradas, 73 Azogues.

Mapas topográficos (escala 1:50000): Laguna Cox, Amaluza, Las Aradas, Yangana, Gonzanamá, Vilcabamba, Río Sabanilla, Catamayo, Loja Norte, Santiago, Las Juntas Selva Alegre, Saraguro, Nabón, Sigsig, Azogues, Guachapalá, Cañar, Cola de San Pablo.

Dr. Richard Jemielita

No. 6355

QUITO, SEPTIEMBRE 03, 1991

PARA : ING. WILSON SANTAMARÍA

DE : DR. RICHARD JEMIELITA

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión a las áreas de Gima-Moriré-Espíritu Playa, San Miguel de Cuyes, Matanga, Chigüinda del 22 de julio al 09 de agosto, 1991

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Geológico Cordillera Real, de cooperación técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña e Irlanda del Norte, en su tercera fase contempla el subproyecto Potencial Económico de la Cordillera Real.

Por este motivo se llevó a cabo la comisión de servicios del 22 de julio al 09 de agosto, con el fin de continuar con los trabajos geológico-mineralógicos y estudios de los afloramientos de las áreas de interés.

1.2 Objetivo

Continuar con los trabajos de investigación geo-mineralógicos y evaluación minera en la franja que comprende la Cordillera Real de los Andes, para poder determinar su potencial económico encaminado al desarrollo minero nacional.

1.3 Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo integrada por:

Dr. Richard Jemielita (ODA/BGS)

Egdo. Johnson Bolaños (INEMIN)

Sr. Manuel Céleri (INEMIN)



1.4 Medio de transporte

Jeep Land Rover placa AT-0274 de la Misión Británica.

1.5 Detalle de actividades

Mes	Día	Travesía
Julio	22	Quito-Cuenca (técnicos y chofer)
	23	Cuenca-Charqui-Río Charcay-Nabón
	24	Nabón-Quebrada Minas
	25	Quebrada Minas-Páramos de Moriré-Espíritu Playa
	26	Espíritu Playa-Peñas Blancas
	27	Peñas Blancas-San Miguel de Cuyes
	28	San Miguel de Cuyes-Altar Minas
	29	Altar Minas-Páramos de Moriré-Cuenca
	30	Cuenca-Matanga-Cuenca
	31	Cuenca-Matanga-Cuenca
Agosto	01	Cuenca-Cuchil-Cuenca
	02	Cuenca-Río Sta. Bárbara (Prov. Morona Santiago)
	03	Río Sta. Bárbara-Chigüinda
	04	Chigüinda-Río Blanco
	05	Río Blanco-Cuenca
	06	Cuenca-Quebrada Tigre Urcu-Cuenca
	07	Cuenca-Río Sangurima-Cuenca
	08	Cuenca-Río Minas-Cuenca
	09	Cuenca-Quito

1.6 Acceso

Muchas de las áreas de estudio son accesibles parcialmente en vehículo (jeep), mientras que en los tramos restantes hasta llegar a las zonas objeto de estudio, hubo que usar acémilas para cargar el equipo y caminar por los senderos que conducen a dichos puntos. Éste es, por ejemplo, el caso para llegar hasta el área de Altar Minas (Provincia de Morona Santiago). En los flancos orientales de la Cordillera Real, cuando la vegetación semi-selvática se hace presente, fue necesario contratar hombres para abrir trocha usando machete y así abrirnos paso hasta llegar a nuestro destino, por ejemplo, el tramo Chigüinda hacia las cabeceras del Río Blanco.

2. GEOLOGÍA

2.1 Río Charcay/Quebrada Minas

La quebrada Minas es un tributario del río Charcay y se localiza a unos 7 km al este del pueblo de Nabón (ver mapa 2g, Jemielita, 1991). El acceso se realiza en vehículo de doble tracción y a pie. La altitud en el área de interés es de aproximadamente 3170 metros y la topografía local es moderadamente escarpada. La vegetación es mayoritariamente de páramo con algo de bosque.

La quebrada Minas tiene entre 2 y 3 metros de ancho y contiene bloques de rocas volcánicas y volcanoclásticas del Terciario, y cuarzo masivo en vetas blancas. Las labores de oro aluvial comprenden excavaciones a lo largo de unos 120 metros de la margen oeste de la quebrada. Las excavaciones exponen un suelo orgánico negro bajo el cual subyacen arcillas finas estratificadas (¿tobas volcánicas alteradas?) de unos 2 a 3 metros de espesor; éstas, a su vez, descansan sobre una grava aluvial compuesta por bloques redondeados de cuarzo, turmalina, tobas volcánicas alteradas y frescas, lavas, pórfidos y, ocasionalmente, granito de tipo Tres Lagunas de grano grueso a esquistoso y esquisto micáceo. El depósito comprende una terraza aluvial. Las labores son relativamente recientes en origen, pero no estaban siendo trabajadas al momento de la visita. Se obtuvo oro mediante batea de una banda de arcilla de color amarillo rica en óxidos de hierro intercalada con gravas de guijarros de cuarzo.

Las gravas auríferas de la quebrada Minas contienen una asociación mineral similar (cuarzo, turmalina, oro) a los depósitos de terrazas aluviales más extensos en las áreas de Bestión-Río Shincata-Río Betas hacia el sur (Jemielita, 1990) y probablemente se formaron de la misma manera mediante la meteorización y erosión del basamento de granito y esquisto micáceo que contiene vetas de cuarzo-turmalina-oro. Las terrazas en la quebrada Minas son relativamente pequeñas y solo podrían ser explotadas económicamente mediante métodos artesanales.

2.2 Gima-Río Moya-Río Minas (Mapa 3a)

Los sedimentos del río Moya fueron examinados a unos 6 km al este-sureste del pueblo de Gima y a unos 0.5 km aguas abajo de la confluencia con el río Chulo. La altitud es de 2725 metros y la topografía local es moderadamente escarpada. El uso del suelo es mayoritariamente agrícola con matorrales y vegetación tipo páramo en las altitudes superiores. La geología local comprende lavas volcánicas estratificadas y rocas volcanoclásticas de la Formación Tarqui. Esquistos micáceos grises de grano fino de la subdivisión Tres Lagunas (división Loja) están expuestos al este, en las proximidades del río Minas.

Los bloques en el río Moya comprenden pórfidos feldespáticos de color gris, rojo, rosado y púrpura, de redondeados a subangulares y, con menos frecuencia, granito de tipo Tres Lagunas de grano medio a grueso, granular y foliado, y esquisto micáceo. También hay esquisto micáceo de color gris-negro de grano fino. Los guijarros de cuarzo de veta blanca son comunes, desde variedades lechosas hasta grises vítreas. Parte del cuarzo tiene planos de inclusión blancos y una muestra presentó agujas de turmalina negra. También se observó una muestra de sílice opalina marrón. El río Moya aparentemente es trabajado por oro aluvial por los habitantes locales, pero no se realizaban trabajos al momento de la visita.

Las litologías examinadas en el río Moya indican una fuente volcánica predominantemente local con un aporte considerable de litologías más antiguas de granito y esquisto desde el este. El cuarzo y el oro también derivan probablemente del terreno ígneo y metamórfico más antiguo, a partir de vetas de cuarzo alojadas en zonas de cizalla. Sin embargo, no debe pasarse por alto una posible contribución de oro de las litologías volcánicas más recientes, especialmente con la presencia de sílice opalina, común en depósitos epitermales de metales preciosos. Un respaldo para esta última hipótesis es la presencia de la quebrada de Minas, portadora de oro y tributaria del río Moya, que parece drenar únicamente rocas volcánicas del Terciario (Viteri y Aspdén, 1989).

El río Minas (no la quebrada de Minas mencionada anteriormente) se localiza a unos 8 km al sureste del pueblo de Gima. La altitud en el área de interés es de 3030 metros y la topografía local es de suave a moderadamente escarpada. La vegetación es mayoritariamente de páramo. La geología local comprende esquistos micáceos de grano fino y color gris (granito cizallado) de la subdivisión Tres Lagunas (división Loja).

Los bloques en el río Minas y sus márgenes están dominados por cuarzo de veta blanco, lechoso, a veces con turmalina, junto con esquistos micáceos de grano fino a medio, y pórfidos feldespáticos grises y tobas. También se observaron algunos granitos de tipo Tres Lagunas esquistosos con cuarzo azul.

El oro se trabaja en las terrazas fluviales ricas en bloques de cuarzo, las cuales son moderadamente extensas en el área, pero no había mineros trabajando al momento de la visita debido a la temporada invernal.

La presencia de guijarros de cuarzo-turmalina asociados con oro, y un basamento de esquisto micáceo, indica que la mineralización del río Minas probablemente deriva de vetas de cuarzo-turmalina-oro alojadas en zonas de cizalla. Frecuentemente se observa rodados de cuarzo de veta blanco y angular en el páramo circundante. Los depósitos del río Minas son similares a los de Bestión-Río Shincata-Río Betas al sur y probablemente forman parte de la misma estructura mineralizada (frente Baños).

2.3 Gima-Moriré-Espíritu Playa (Mapa 3a)

Se ha trazado una carretera de buena calidad desde el pueblo de Gima hacia el este hasta la divisoria de aguas de la Cordillera Real en Moriré. Las altitudes alcanzan hasta los 3390 metros en Moriré. Las rocas expuestas en los cortes de carretera desde Gima hacia el este son mayoritariamente volcánicas y volcanoclásticas del Terciario al Reciente (¿Formación Tarqui?), y estas se encuentran variablemente meteorizadas y alteradas. En el este, una colina prominente ha sido explotada para piedra de carretera. Los bloques sueltos de estas excavaciones comprenden brecha riolítica, roca porosa rica en sílice y tobas volcánicas. Las manchas de hematita y óxido de manganeso son comunes. Estas litologías podrían tener potencial para mineralización epitermal de metales preciosos, especialmente en vista de la presencia de sílice opalina en el río Moya (ver sección del río Moya) y la quebrada de Minas aurífera que aparentemente drena solo rocas volcánicas similares. Esta área debería ser investigada más a fondo.

Hacia el este, y en las altitudes más elevadas en la divisoria de aguas de la Cordillera Real en Moriré, las litologías volcánicas porfídicas del Terciario al Reciente dan paso a esquistos micáceos grises, de grano fino, fuertemente foliados y cizallados (granito Tres Lagunas cizallado), generalmente con un buzamiento pronunciado hacia el oeste. El contacto es discordante. Los esquistos micáceos contienen numerosas vetas de cuarzo (<10 cm de ancho, ocasionalmente de aprox. 1 metro de ancho) concordantes y discordantes, boudinadas. Algunas de estas vetas portan minerales de sulfuro o turmalina, pero solo se obtuvo una traza de oro en una muestra de veta de cuarzo-pirita (Clarke, 1989).



Hacia el este, y a altitudes decrecientes desde Moriré, los esquistos micáceos de grano fino y fuertemente cizallados dan paso a una estrecha banda de esquistos con augens, y luego a granito de tipo Tres Lagunas relativamente no deformado con granos característicos de cuarzo azul. Más hacia el este se encuentra de nuevo esquistos con augens, seguido de esquistos micáceos grises, negros y púrpuras de la subdivisión Chigüinda (división Loja), que continúan hacia el este hasta el río Altar, la ubicación más oriental visitada.

Las litologías ígneas y metamórficas del basamento están a veces cubiertas de forma discordante por remanentes (outliers) de rocas volcánicas porfídicas de grano fino y color gris púrpura (por ejemplo, en Hornillas), y brechas volcanoclásticas meteorizadas de grano medio a grueso (por ejemplo, al este del cerro Guachapalá). En este último sitio, cristales de cuarzo bipiramidales forman un residuo sobre los suelos. El cerro Pan de Azúcar y el cerro Guachapalá son probablemente *plugs* intrusivos, compuestos por pórfido gris, de grano medio, granular, con feldespato, cuarzo y biotita, el cual fue observado como material suelto en el área, junto con rocas volcánicas asociadas.

En el puente de Espíritu Playa, se expone granito (tipo Tres Lagunas) angular, fracturado, de grano medio a grueso como afloramiento y grandes bloques de río. Otras litologías encontradas como bloques de río incluyen tonalita-granodiorita de grano medio; pórfidos volcánicos feldespáticos de color gris y púrpura y tobas; esquistos micáceos miloníticos; y algo de cuarzo de veta blanco, que a veces contiene cristales de turmalina. No se observaron labores de oro aluvial y los habitantes locales indicaron que no se trabajaba oro en este lugar.

A lo largo del camino, hacia el este desde Espíritu Playa en dirección a San Miguel de Cuyes, el afloramiento comprende granito de tipo Tres Lagunas de grano medio a grueso que cambia hacia el este a esquistos micáceos de color gris púrpura, de grano fino a medio. Los fragmentos y bloques más grandes de cuarzo de veta blanco y lechoso son relativamente comunes. Los bloques en las quebradas que drenan hacia el norte en el río Chaulli están dominados por variedades granulares y esquistosas de granito de tipo Tres Lagunas con menores cantidades de granodiorita moteada de blanco y negro de grano fino, y esquistos porfiroblásticos gris oscuro (¿quiasolita?). El cuarzo de veta blanco ocurre con menos frecuencia, y se muestreó un bloque de cuarzo de veta vítreo, blanco lechoso, con pirita y óxidos de hierro marrones.

En un sitio cercano a un puente que cruza el río Chaulli, los restos de una antigua galería abandonada eran visibles en un acantilado vertical de granito de tipo Tres Lagunas. La galería parece seguir una zona de fracturas o vetas con un rumbo aproximado de N18°E. La galería era inaccesible.

En el puente del río Moriré se observaron bloques de granito de tipo Tres Lagunas cizallado y no deformado y esquistos micáceos, algunos con vetas de cuarzo, junto con bloques de cuarzo de veta blanco.

2.4 Río Moriré (Mapa 3a)

El río Moriré es un tributario del río Cuyes y aparentemente es trabajado por oro aluvial. El río fue examinado a una altitud de 2070 metros, aproximadamente 2 km aguas arriba de la confluencia con el río Cuyes. La topografía local es de moderadamente a muy escarpada y la vegetación comprende tanto terrenos agrícolas como selva tropical espesa. El acceso es posible a través de un camino de herradura muy deficiente y un sendero a pie a lo largo de las laderas orientales del valle.

Las rocas de caja locales son esquistos micáceos de grano fino, de color gris púrpura, que se observan mejor junto con abundantes bloques de cuarzo de veta blanco en pequeñas quebradas. El cuarzo de veta blanco, angular y grueso (<2 metros de diámetro), es bastante común como material suelto en los campos. La roca de caja en el sitio de muestreo del río Moriré comprende un esquisto micáceo gris de grano fino, fuertemente foliado y lineado (*rodding*), perteneciente a la subdivisión Chigüinda de la división Loja. Al menos dos foliaciones superpuestas (deformaciones) están involucradas. La lineación tiene un rumbo aproximado de N24°E con un buzamiento hacia el SSW de 28°. Se observó un dique de roca rica en cuarzo, de color blanco y textura azucarada (aprox. 2 metros de espesor), que contiene pirita diseminada de grano fino y en vetillas. El dique corta el esquisto micáceo de forma discordante, con un rumbo aproximado de N80°E y un buzamiento de unos 65°N, paralelo a un conjunto de pequeñas fracturas que cortan el esquisto. Además, una zona de cuarzo de veta en red y deformación compleja de casi 1 metro de ancho corta los esquistos micáceos con rumbo de unos N50°.

Los bloques de río comprenden en gran medida roca rica en sílice (¿intrusiva?), de grano fino a medio y textura azucarada, con pirita diseminada y en vetillas; esquistos de sericita cizallados y portadores de pirita; esquistos micáceos de color gris oscuro y gris plateado; pórfidos biotíticos y feldespáticos; y cuarzo de veta blanco lechoso, a veces con planos de inclusión blancos. Una muestra de cuarzo de veta contenía agujas de turmalina. Se tomaron muestras de sedimentos fluviales, pero no se observó oro en los concentrados de batea. Los locales afirman que el río Moriré es rico en oro, pero no había mineros trabajando al momento de la visita debido a la temporada invernal.

2.5 San Miguel de Cuyes-Río Altar (Mapa 3a)

El río Altar se ubica al este de San Miguel de Cuyes y es un tributario del río Cuyes. El río Altar tiene fama de ser aurífero, particularmente en el área de Altar Minas, pero los habitantes locales afirmaron que el río es pobre y no se trabaja habitualmente.

El río Altar es accesible a través del pueblo de San Miguel de Cuyes por un amplio camino de herradura (a menudo en muy malas condiciones). El oro está disponible libremente para la venta en el pueblo, la mayor parte se obtiene del río de Cuyes (también conocido localmente como el río Moriré). Las rocas caja a lo largo del camino de herradura entre el río Moriré y el río Altar comprenden una secuencia monótona de esquistos micáceos grises de grano fino (subdivisión Chigüinda). Los bloques angulares de cuarzo de veta blanco estéril son comunes a lo largo del camino y en pequeñas quebradas. Al este de San Miguel de Cuyes, en el lado sur del río Cuyes, se encuentra expuesto un acantilado de roca teñida de óxido de hierro marrón y posiblemente mineralizada. Este sitio es muy inaccesible y no fue examinado en detalle.

Las rocas caja y los bloques de río fueron examinados en el río Altar, donde el camino cruza el río. La roca de caja local comprende esquisto micáceo gris-negro (posiblemente grafitico) con clivaje de crenulación. Los pliegues, definidos por el color y el bandeamiento composicional, son mayoritariamente abiertos con clivaje de plano axial. El sentido de la cizalla es difícil de determinar, pero se establece tentativamente como dextral con un gran componente de movimiento horizontal (basado en la deformación de vetas de aplita). La lineación asociada con el clivaje de crenulación parece sumergirse hacia el sur con un ángulo poco profundo. La foliación tiene un rumbo de unos N17°E, con un buzamiento pronunciado de oeste a vertical. Se observó una banda (de aprox. 1 metro de espesor) concordante, de color rosado, de esquisto de sericita con manchas de color marrón anaranjado que recuerdan a la ankerita meteorizada. Los esquistos micáceos están cortados por vetas de aplita rosada fuertemente deformadas, casi ptigmáticas, que se estrechan y ensanchan intestinalmente. Se observaron pequeños granos de pirita diseminados en la aplita.

Se observan vetas de cuarzo blanco estrechas (escala de centímetros) como variedades concordantes fuertemente deformadas y variedades discordantes relativamente no deformadas. Un mineral de color naranja, posiblemente ankerita oxidada, está comúnmente asociado con el cuarzo de veta. Las vetas de cuarzo discordantes tienen un rumbo aproximado de N120°E y N70°E, con buzamientos de pronunciados a verticales.

Los bloques de río comprenden esquistos micáceos discoidales de color gris-negro; esquistos de sericita y gris plateado; y algo de cuarzo de veta blanco estéril, a veces con planos de inclusión blancos y/o salbandas (*selvages*) de esquisto micáceo.

Se tomó una muestra de sedimentos fluviales a un lado del río, el cual estaba inundado, pero el rendimiento de minerales pesados en el concentrado de batea fue pobre y no se observó oro.

2.6 Resumen del área Moriré-Espíritu Playa-Río Moriré-San Miguel de Cuyes-Río Altar

Las litologías del basamento en el área están dominadas por esquistos micáceos de la subdivisión Chigüinda y granito de tipo Tres Lagunas tanto deformado como no deformado. El basamento está intruido por pequeños *plugs* porfídicos de biotita y feldespato, y está cubierto discordantemente en algunos lugares por rocas volcánicas y volcanoclásticas más jóvenes.

La mineralización está dominada por labores de oro aluvial. El oro, muy probablemente, se origina de vetas de cuarzo $\pm$ turmalina alojadas en zonas de cizalla, las cuales se observan comúnmente en el área como material suelto angular y bloques de río redondeados. Otra mineralización comprende piritita diseminada y en vetillas en esquistos de sericita y rocas intrusivas silíceas granulares. Puede existir potencial para mineralización de sulfuros diseminados y relacionada con pórfidos en el área, y una proporción del oro aluvial podría originarse de estas fuentes.

2.7 Matanga (Mapa 3a)

El área de Matanga se localiza 16 km al sur de la ciudad de Sigsig y ocupa la zona de la divisoria de aguas de la Cordillera Real. El acceso es mediante vehículo de doble tracción a lo largo de la carretera Sigsig-Chigüinda. Las altitudes en el área son de aproximadamente 3300 metros. La topografía es de moderadamente a muy escarpada y la vegetación es predominantemente de páramo. A altitudes menores domina la selva tropical espesa. El área de Matanga es famosa por la producción de oro y tiene reputación de ser el área productora de oro a mayor altitud en Ecuador (Wolf, 1892).

Las rocas caja en el área son mayoritariamente esquistos micáceos grises de grano fino de la subdivisión Tres Lagunas (división Loja). Estas rocas contienen vetas de cuarzo, a menudo visibles como material suelto angular en el páramo y como bloques de río. Los esquistos del basamento están cubiertos de forma extensa y discordante por rocas volcánicas y volcanoclásticas recientes (¿Formación Tarqui?). En una ubicación, se observó que estas últimas rocas están cubiertas por una secuencia de limolitas/lodolitas de grano fino y gravas de guijarros de cuarzo. Las gravas presentan estratificación cruzada y generalmente buzanan hacia el oeste. Los clastos son predominantemente de subangulares a subredondeados, y de cuarzo blanco (tipo veta) moderadamente bien seleccionados (<10 cm de diámetro), con fragmentos menos comunes de esquisto micáceo gris, en una matriz de arcilla de color blanco-amarillo-rojo de grano fino. La secuencia tiene unos 3 metros de espesor y no se determinó la extensión horizontal de la Formación. Esta Formación recuerda a las gravas de terraza de guijarros de cuarzo del río Shincata al sur, y puede ser de edad y origen similar.

Las labores de oro aluvial fueron examinadas en una pequeña quebrada en las cabeceras del río Ataurcu (altitud 3300 metros). Las excavaciones principales exponen los márgenes y el lecho de una pequeña quebrada. El material aluvial comprende bloques de subangulares a redondeados (<1 metro de diámetro) de esquisto micáceo gris y cuarzo de veta blanco/gris, a veces con inclusiones de esquisto micáceo y, con menos frecuencia, granodiorita de grano fino.

Los bloques están cementados por una grava ferruginosa y arena, que contiene oro libre. Los concentrados de batea de este material rinden alrededor de diez chispas de oro de grano fino por batea. La presencia de oro en aluviones dominados por bloques de esquisto micáceo y cuarzo de veta sugiere fuertemente que el oro se originó a partir de vetas de cuarzo (probablemente del tipo alojado en zonas de cizalla) que cortan el basamento local de esquisto. En la carretera a Chigüinda, 1 km al este de las labores de oro aluvial, se observaron cuatro vetas de cuarzo discordantes (<1 metro de espesor) cortando los esquistos micáceos grises locales en un grupo paralelo. No se observó turmalina en ninguna de las vetas de cuarzo o bloques de cuarzo en esta área.

2.8 Vía a Chigüinda (Mapa 3a)

Las rocas expuestas en afloramientos y cortes de carretera en la vía Sigsig-Chigüinda, entre el puente del río Blanco y el pueblo de Chigüinda, comprenden esquistos micáceos variablemente alterados y mineralizados, caracterizados por una fuerte coloración marrón amarillenta. El área mineralizada está expuesta a lo largo de unos 2 km de la carretera.

Las rocas caja comprenden esquistos micáceos de color gris a negro y verde, de grano fino, fuertemente foliados y cizallados (subdivisión Chigüinda). La foliación tiene un rumbo nort-noreste (N36°E, N34°E) y buzamientos que varían de pronunciados a verticales. La alteración hidrotermal es ubicua y mayoritariamente visible como manchas de óxido de hierro de color marrón amarillento. Son comunes los esquistos de sericita y esquistos ricos en cuarzo granulares (de textura azucarada). La mineralización comprende recubrimientos en fracturas y vetas de cuarzo con sulfuros. Los minerales de sulfuro incluyen pirita, calcopirita, galena, esfalerita y molibdenita. Las texturas del cuarzo de veta son generalmente vuggy (con cavidades), lo que indica condiciones de tipo epitermal-mesotermal, aunque también se presenta cuarzo de veta masivo de color blanco lechoso. La pirita también se encuentra comúnmente diseminada por todos los esquistos alterados. Hacia el este, en dirección al pueblo de Chigüinda, las litologías alteradas pasan a esquisto negro grafitico y esquisto micáceo gris relativamente frescos. Estas últimas rocas contienen vetas de cuarzo blanco lechoso variablemente deformadas (<15 cm de ancho) y estrechas exudaciones (*sweats*) de cuarzo.

La fuerte foliación dentro de los esquistos micáceos alterados y no alterados sugiere que estas rocas han sido deformadas en una zona de cizalla, pero la mineralización tiene características típicas de sistemas relacionados con pórfidos epitermales-mesotermiales. Se sabe que la mineralización relacionada con zonas de cizalla ocurre en toda la región, pero Viteri y Aspden (1989) observaron la presencia de intrusiones de pórfido jóvenes en el área y la mineralización podría estar relacionada con éstas. Sin embargo, no se observaron intrusiones de pórfido en los cortes de carretera.

2.9 Río Blanco-Tres Chorros (Map 3a)

El río Blanco es un afluente del río Sangurima y es un productor sustancial de oro aluvial. Los locales afirman que unos 300 hombres trabajan en el río Blanco y en el río Sangurima, aguas abajo de su confluencia. Se estimó una producción media de 10 g de oro por concesión al día, pero no se consideró común una producción mayor. Se han encontrado pepitas de hasta 300 g. El oro está frecuentemente junto con guijarros de esquisto ricos en magnetita, subangulares/redondeados. Estos se conocen localmente como “piedras tibias” pues su presencia se considera una señal de que el prospecto está “caliente” para el oro. El oro del río Blanco es generalmente grueso en láminas y pepitas.

Se examinaron dos sitios en el río Blanco. Aguas arriba de la unión del río Blanco y el río Sangurima, en el puente de la vía a Chigüinda (1650 m), la roca caja local comprende esquistos cizallados, alterados y mineralizados (descritos en la sección de la vía a Chigüinda). Los bloques del río comprenden una variedad de litologías que incluyen esquistos micáceos de grano fino a medio, de color negro a gris claro y a menudo plegados, a veces con porfiroblastos; una gama de granitoides no deformados y parcialmente deformados, incluido el granito de tipo Tres Lagunas; con menor frecuencia, se observan pórfidos feldespáticos más jóvenes. Son comunes los bloques de cuarzo de veta blanca lechosa, a menudo con inclusiones de esquisto micáceo. La mineralización y la alteración hidrotermal están representadas por bloques de esquisto sericítico de color marrón amarillento, teñidos con óxido de hierro; piritita y posiblemente pirrotina en cuarzo de veta, y vetillas de piritita observadas en un bloque de granodiorita. Se encontraron tres “piedras tibias” ricas en magnetita. Bloques grandes de esquisto silicificado con foliación relictas y vetas de cuarzo concordantes blancas son comunes, y representarían material de zona de cizalla silicificada. Aguas arriba de este sitio y en varias localidades río arriba, son visibles labores abandonadas de oro aluvial.

El área de Tres Chorros es un campamento minero aluvial abandonado en las cabeceras del río Blanco (2035 metros). El acceso es por un sendero de calidad muy variable en terrenos agrícolas, y bosque sin trocha que requiere la apertura de camino con machete. Los afloramientos y fragmentos sueltos a lo largo de la ruta de acceso comprenden esquistos micáceos grises de grano fino y, ocasionalmente, esquisto sericítico marrón amarillento. Es común encontrar fragmentos de cuarzo de veta blanco y lechoso.

El río Blanco en Tres Chorros estaba inundado durante la visita. Los bloques del río comprenden esquistos micáceos de color gris plateado a gris oscuro, que a veces presentan vetas y lentes de cuarzo deformados. Algunos de los esquistos micáceos están sericitizados y teñidos de marrón amarillento con óxidos de hierro. También es común el pórfido feldespático de grano fino, de color gris blanquecino. Se observó una muestra de granito tipo Tres Lagunas con granate y cuarzo azul. Se vieron bloques y guijarros de cuarzo de veta blanco y lechoso, y cuarzo de veta gris teñido con óxido de hierro con inclusiones cloríticas y roca de caja de esquisto micáceo. Los guías afirmaron que esta parte del río Blanco fue trabajada por oro (grueso), pero el río estaba inaccesible para el muestreo cuando se examinó. Se lavaron muestras de musgo de la superficie de un bloque grande y se obtuvo una cantidad de minerales pesados, incluyendo oro fino.

El río Blanco parece ser la principal fuente de oro en el área de Chigüinda y explica las labores de oro en el río Sangurima, que solo se encuentran aguas abajo de la confluencia de los dos ríos. Los intrusivos del basamento (granito Tres Lagunas) y litologías metamórficas, con la presencia de cuarzo de veta masivo (tipo mesotermal), sugieren que el oro aluvial se originó en vetas de cuarzo alojadas en zonas de cizalla. Sin embargo, la ausencia de turmalina y la presencia de “piedras tibias” ricas en magnetita sugieren que la naturaleza de la fuente de oro puede ser algo diferente a la de las áreas al sur a lo largo del frente de Baños, por ejemplo, Bestión-Río Shincata-Río Betas. Los bloques porfíricos jóvenes en el río Blanco indicarían mineralización relacionada con pórfidos como fuente primaria de oro. Serán necesarios estudios adicionales para confirmar la fuente del oro.



2.10 Río Sangurima-Río Santa Bárbara (Mapa 3a)

El área examinada se encuentra en las cabeceras del río Sangurima y en uno de sus afluentes, el río Santa Bárbara. El propósito de esta visita fue establecer la presencia o ausencia de mineralización económica en estos ríos y determinar si el río Santa Bárbara es, de hecho, el río Santa “Bárbola” mencionado en la literatura antigua como un productor de oro muy rico (Navarro, 1986; Chacón, 1988).

El pueblo de Sangurima es accesible a través de una accidentada trocha de herradura que corre hacia el oeste desde la carretera a Chigüinda. La topografía local es escarpada, con una mezcla de tierras agrícolas y bosque denso. Las altitudes en el área examinada oscilaron entre los 1995 metros y los 2235 metros, pero el área se caracteriza por un rango de altitud mucho mayor. Las rocas de caja son principalmente esquistos micáceos de color gris, de grano fino, y el cuarzo de veta blanca es bastante común. En el puente del río Santa Bárbara, aproximadamente a 1 km al oeste del pueblo de Sangurima, se pueden observar vetas de cuarzo (< 1 metro de ancho) cortando el esquisto micáceo de forma discordante. Las vetas están deformadas de manera variable (en boudinage y plegadas). El río estaba inundado y era inaccesible para el muestreo, pero, donde eran visibles, los bloques estaban dominados por esquisto micáceo con algo de cuarzo de veta blanca. Se observó algo de esquisto micáceo silicificado en el camino. El río Santa Bárbara es empinado y torrencial, sin terrazas aluviales, y es poco probable que haya sido un productor sustancial de oro. No obstante, se ha informado de la presencia de oro en concentrados de batea (Viteri y Aspden, 1988).

El río Sangurima fue examinado inmediatamente aguas abajo de su confluencia con el río Santa Bárbara. El río estaba inundado y el acceso más arriba resultaba complicado. La roca de caja local comprende esquisto micáceo gris con pliegues abiertos y vetas de cuarzo deformadas y semiconcordantes (ca. 10 cm de espesor). Los bloques del río están dominados por esquistos micáceos de color gris plateado, de forma ovoide/discoidal y redondeados; algunos bloques angulares de esquisto micáceo de color rosa; semipelitas de color gris claro; granodiorita de color blanco grisáceo, de grano fino a medio, que a veces muestra una fábrica débil; esquisto sericítico silicificado, a veces con finas vetillas de cuarzo que forman una red interconectada; y bloques grandes y pequeños de cuarzo de veta blanca lechosa. Se tomaron muestras de sedimentos fluviales, pero no se observó oro.

Los habitantes locales no tenían conocimiento de labores de oro aluviales u otras, presentes o pasadas, en el área. Parece probable, por lo tanto, que la cabecera del río Sangurima y su afluente, el río Santa Bárbara, sean pobres en oro.

3. METALOGÉNESIS Y POTENCIAL MINERAL

La mineralización examinada durante este levantamiento de campo puede clasificarse de la siguiente manera:

- i)** Depósitos de placer de gravas con guijarros de cuarzo-turmalina-oro, de tipo paleoplacer y oligomícticos.
- ii)** Vetas de cuarzo ($\pm$ turmalina $\pm$ oro) alojadas en zonas de cizalla.
- iii)** Mineralización de vetillas/diseminada de pirita posiblemente relacionada con intrusiones porfídicas.
- iv)** Mineralización de vetillas/diseminada de pirita-calcopirita-esfalerita-galena-molibdenita en esquistos micáceos cizallados, posiblemente relacionada con pórfidos.

Los depósitos de paleoplacer de gravas con guijarros de cuarzo-turmalina-oro se presentan como terrazas aluviales en el río Minas, un afluente del río Charcay cerca de Nabón, y en el río Minas al este de Gima. Estos depósitos son trabajados para obtener oro aluvial y probablemente se originaron por la meteorización y erosión del basamento metamórfico cercano. Depósitos similares, pero más extensos, ocurren al sur en las áreas de río Shincatarrío Betas (Jemielita, 1990). Las gravas de guijarros de cuarzo también se presentan como terrazas estratificadas en el área de Matanga, pero la producción de oro solo se registró en gravas aluviales polimícticas. Los depósitos aluviales polimícticos también rinden oro en el río Moriré-río Cuyes, el río Moya cerca de Gima, y el río Blanco y río Sangurima cerca de Chigüinda. Se considera que el origen del oro en todos estos depósitos son vetas de cuarzo ($\pm$ turmalina) que cortan las rocas ígneas y metamórficas del basamento en las áreas de captación de los ríos. En el norte, por ejemplo, en los ríos Moriré/Cuyes hasta los ríos Blanco/Sangurima, la turmalina es poco común o está ausente, y puede haber un cambio en la fuente del oro. Parece haber una correlación general entre la presencia de turmalina en vetas de cuarzo donde estas cortan el granito Tres Lagunas y sus equivalentes cizallados. No se puede descartar una fuente primaria relacionada con pórfidos para al menos parte del oro.

La pirita diseminada y/o en vetillas se asocia a menudo con esquistos sericíticos en la Cordillera Real. En el río Moriré son comunes los bloques de dicho material y un dique intrusivo cercano contiene abundante pirita diseminada y en vetillas. La mineralización de esquistos sericíticos piritizados podría ser singenética o epigenética, pero la existencia de una intrusión menor mineralizada similar sugiere una posible conexión con sistemas de tipo pórfido. Este tipo de mineralización puede ser una variante del siguiente tipo:

La pirita en vetillas y diseminada se asocia comúnmente con esquistos micáceos sericitizados y silicificados, así como en recubrimientos de fracturas, vetillas y vetas de cuarzo que contienen calcopirita, esfalerita, galena y molibdenita cerca de Chigüinda. La mineralización ocupa esquistos micáceos fuertemente foliados, que posiblemente representan una zona de cizalla. Sin embargo, la naturaleza vuggy de las vetas mineralizadas sugiere un nivel cortical más alto de mineralización epigenética y epitermal, posiblemente relacionada con una intrusión porfídica cercana, aunque no se observaron tales intrusiones en el área mineralizada. Esta mineralización debería investigarse más a fondo.

Desde un punto de vista económico, los depósitos de oro aluvial examinados son demasiado pequeños para justificar una inversión y desarrollo sustanciales. Las vetas de cuarzo aurífero $\pm$ turmalina alojadas en zonas de cizalla podrían proporcionar un objetivo atractivo, pero la ubicación de las vetas mineralizadas con oro es difícil, especialmente en áreas boscosas, y requeriría un gasto y esfuerzo de exploración considerables. Se podrían hacer comentarios similares con respecto al esquistos sericíticos piritizados y los diques intrusivos, aunque estos pueden indicar el potencial de sistemas mineralizados más grandes (por ejemplo, pórfidos) en las cercanías. La presencia de mineralización polimetálica (Fe, Cu, Zn, Pb, Mo) en una zona de 2 km de ancho cerca de Chigüinda indica el potencial de tonelajes sustanciales de mineralización cercana a la superficie con un acceso por carretera relativamente fácil. La naturaleza polimetálica de esta mineralización es actualmente atractiva desde el punto de vista económico, especialmente si se obtienen valores de metales preciosos. Esta área debería ser investigada de manera intensa.

4. REFERENCIAS

CLARKE, M. C. G. (1989) Contribution to the understanding of the mineral potential of the southern Ecuadorian Andes. British Geological Survey. Technical Report WC/89/12 Overseas Series.

CHACÓN, Z. J. (1986) Historia de la Minería en Cuenca. IDIS, Universidad de Cuenca.

JEMIELITA, R. A. (1991) Informe técnico de comisión a las áreas de: Isimanchi, Malacatus, Jimbura-Amaluza, Yangana, San Antonio, Sraguro, Sigsig, Pilzhum, del 05 al 29 de mayo, 1991. INEMIN, No. 5652

NAVARRO, M. C. (1986) Investigación Histórica de la Minería en el Ecuador.

VITERI, F. and ASPDEN, J. A. (1988) Informe técnico No 0514. Misión Británica-INEMIN.

WOLF, T. (1892) Geografía y Geología del Ecuador. Leipzig, F. A. Brockhaus.

Mapas topográficos (escala 1:50000) Nabón, Yaritzagua, Gima (Censal).

Dr. Richard Jemielita

No. 7096

QUITO, OCTUBRE, 1991

PARA : ING. WILSON SANTAMARÍA

DE : DR. RICHARD JEMIELITA y EGDO. JOHN BOLAÑOS

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión a las áreas de Matanga; Río Santa Bárbara-Río Ayllón; Principal; Ríos San Francisco-Ishpingo-Gualaceño; Sevilla de Oro-Ríos Collay-Pilares; Río Paute-Guarumales

RESUMEN

Las áreas descritas en este informe incluyen algunos de los distritos históricamente más productivos en la producción de oro en Ecuador. La abundancia y la variedad de tipos de mineralización descritos demuestran que esta región es anómalamente rica, y es opinión del autor que esta región recompensaría ampliamente una investigación detallada y labores de prospección.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El Proyecto Geológico Cordillera Real de Cooperación técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, en su tercera fase contempla el subproyecto Potencial Económico de la Cordillera Real.

Por este motivo se llevó a cabo la comisión de servicios del 15 de septiembre al 04 de octubre de 1971, con el fin de continuar con los trabajos geológico-mineralógicos; y estudios de los afloramientos de las áreas de interés del subproyecto.

1.2 Objetivo

Continuar con los trabajos de investigación geo-mineralógicos y evaluación minera en la franja que comprende la Cordillera Real de los Andes, para poder determinar su potencial económico encaminado al desarrollo minero nacional.

1.3 Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo integrada por:

Dr. Richard Jemielita (ODA/DGS)

Egdo. Johnson Bolaos (INEMIN)

Sr. Manuel Céleri (INEMIN)

1.4 Medio de transporte

Jeep Land Rover placa AT-0274 de la Misión Británica.

1.5 Detalle de actividades

Mes	Día	Travesía
Septiembre	15	Quito-Cuenca (Sr. chofer)
	16	Quito-Cuenta (técnicos)
	17	Cuenca-Río Blanco-Páramos de Matanga-Gualaceo
	18	Gualaceo-Río Santa Bárbara
	19	Río Santa Bárbara-Qda. Oscura
	20	Qda. Oscura-Área del Río Santa Bárbara
	21	Área del Río Santa Bárbara
	22	Río Santa Bárbara-Río Ayllón
	23-24	Área del Río Ayllón
	25	Río Ayllón-Gualaceo
	26	Gualaceo-Principal-Río de la Burra Playa
	27	Río de la Burra Playa-Río Chorro Blanco
	28	Río Chorro Blanco-Paute
	29	Paute-Río Collay
	30	Río Collay-Collay Chico
Octubre	01	Collay Chico- Collay Grande
	02	Collay Grande-Río San Francisco
	03	Río San Francisco-Río Gualaceño-Cuenca
	04	Cuenca-Quito

1.6 Acceso

Algunos tramos de las diferentes áreas de estudio, son accesibles por vehículo (Jeep), tal como el área del Río San Francisco. Pero en la mayoría de lugares, y en especial los tramos altos de la Cordillera Real, que generalmente sobrepasan los 3500 m.s.n.m., es necesario contratar hombres y acémilas para llegar a los puntos de interés, así por ejemplo las áreas de los ríos Santa Bárbara, Ayllón, Collay, etc.

2. GEOLOGÍA

2.1 Saraguro - Río Negro (Mapa 4c)

La zona del Río Negro fue visitada principalmente para obtener una muestra representativa de granito Tres Lagunas de la localidad tipo para su datación mediante U-Pb. La ubicación de la muestra se encuentra a unos 18 km al ENE del pueblo de Saraguro y es accesible a través de una senda de herradura bien definida entre Urdaneta y Tutupali.

Las altitudes en la zona oscilan entre los 2480 metros y los 3200 metros, y la topografía es generalmente de suave a moderadamente escarpada. El terreno es mayoritariamente agrícola, con presencia de páramo en las elevaciones más altas hacia el este.

Las rocas caja comprenden volcánicos y volcanoclásticos del Cuaternario (¿Formación Tarqui?) con diversos grados de meteorización y alteración al este del Río San Antonio. En esta localidad, las rocas volcánicas están cubiertas en algunos puntos por gravas de guijarros de cuarzo-turmalina con estratificación incipiente, probablemente derivadas de la erosión del basamento metamórfico que contiene vetas de cuarzo-turmalina (+ ¿oro?) alojadas en zonas de cizalla. Estas gravas son idénticas en apariencia a las gravas auríferas del Río Shincata al norte. No se observaron labores de oro aluvial en la zona, pero el guía afirmó que se había extraído oro en el pasado. Entre el Río San Antonio y el Río Negro, se pueden ver las rocas volcánicas cuaternarias descansando discordantemente sobre granito Tres Lagunas cizallado y esquisto micáceo que aflora hacia el este. La deformación es ubicua en el granito Tres Lagunas, pero varía desde un granito tipo augen moderadamente deformado hasta un esquisto micáceo gris muy fino y fuertemente cizallado. El cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico blanco es común como fragmentos angulares gruesos en quebradas, y como fragmentos angulares moderadamente gruesos en suelos de esquisto meteorizado de color rojo púrpura y, ocasionalmente, como afloramiento.

En la intersección de el camino de Tutupali y el Río Negro (altitud 3070 metros), a unos 18 km al ENE de Saraguro, se tomó una muestra representativa de un bloque angular grande (de unos 4 metros de ancho) de granito Tres Lagunas parcialmente meteorizado y teñido por óxido de hierro, pero solo moderadamente deformado.

Las ocurrencias de granito Tres Lagunas variablemente cizallado con vetas de cuarzo alojadas en zonas de cizalla (de tipo metamórfico) y gravas de guijarros de cuarzo-turmalina son manifestaciones del cizallamiento de Baños más al sur de lo que se había reconocido anteriormente. Estas observaciones sugieren que la mineralización aurífera aluvial y de veta también puede persistir en esta área y se recomienda realizar más trabajos para investigar el potencial económico de la zona.

2.2 Páramos de Matanga-Río Minas (Mapa 4a)

El área examinada se encuentra en las cabeceras del Río Minas, aproximadamente a 13 km al sur del pueblo de Sígig. La altitud es de aproximadamente 3215 metros y la topografía local es moderadamente escarpada. La vegetación es de tipo páramo y el acceso es a pie por senderos mal definidos o a través del campo. El clima es comúnmente frío, húmedo y brumoso.

Se visitó una mina de oro aluvial que actualmente está siendo explotada por una sociedad de cinco hombres. El material aurífero comprende una grava de bloques moderadamente gruesa de origen aluvial y coluvial. Los bloques consisten principalmente en esquistos micáceos de color gris plateado, cuarzo de veta de tipo metamórfico blanco y algunos volcánicos recientes alterados y descompuestos. Los minerales pesados son abundantes en los concentrados de batea y el oro es de color amarillo dorado a marrón, de grano fino, forma irregular y en masas ecuanteras. Hay algunas láminas, gránulos subredondeados y pepitas. El oro se observa a menudo en una matriz de cuarzo con manchas de hematita roja. Las superficies presentan picaduras de medias a gruesas. Las partículas teñidas de hematita roja son bastante comunes. Se observaron “piedras tibias” de roca granatífera. Los mineros afirman haber encontrado pepitas de hasta 3 gramos de peso.

La composición de los bloques aluviales/coluviales refleja la del basamento subyacente (subdivisión Tres Lagunas; división Loja) y, junto con la composición y morfología del oro aluvial, indica una fuente aurífera de vetas de cuarzo de tipo metamórfico que cortan los esquistos del basamento.

2.3 Cuchil (Mapa 4a)

El área de interés se encuentra en Satunsaray, al este y cuesta arriba del pueblo de Cuchil, a unos 4 km al SSW del pueblo de Sígsig. La altitud es de unos 2780 metros y la topografía local es de suave a moderadamente escarpada. El área es principalmente terreno agrícola.

La geología local comprende lavas volcánicas y tobas del Cuaternario (¿Formación Tarqui?). En el área examinada, estas rocas están expuestas a lo largo de unos 150 metros en el lado este de la carretera Sígsig-Chigüinda. Numerosos bloques sueltos también se encuentran dispersos a lo largo de los márgenes de la carretera y en los campos cercanos.

Las rocas comprenden flujos de lava de riolita porfídica y brechas, diversamente silicificadas, alteradas por arcilla y/o teñidas con óxido de hierro marrón. Las brechas son a veces polimícticas en su composición y a menudo tienen oquedades con sílice de grano fino o alunita. En el extremo norte de la carretera, un afloramiento de una brecha de pórfido riolítico silicificado, gris, con oquedades y manchas de color marrón rojizo, con piritita diseminada, forma una capa cubierta por una brecha riolítica de color blanco crema. Muchas de las brechas riolíticas tienen una apariencia opalina y baja densidad, lo cual es reminiscencia de una silicificación de tipo epitermal.

La naturaleza silicificada y mineralizada con sulfuros de estas litologías riolíticas sugiere fuertemente una mineralización de tipo epitermal, que frecuentemente se asocia con el vulcanismo riolítico y, ocasionalmente, con mineralización de oro-plata y metales base. Se observaron litologías riolíticas similares en los afloramientos al oeste de Cuchil y toda el área subyacente por las volcánicas del Cuaternario (¿Tarqui?) podría tener potencial para mineralización epitermal económica.

2.4 Río Santa Bárbara - Río Ayllón (Mapa 4a)

El área examinada en detalle se encuentra aproximadamente a 10.5 km al SE del pueblo de Sígsig, en las cabeceras del Río Santa Bárbara y su unión con el Río Ayllón. El acceso es a pie a lo largo de un camino de herradura de calidad muy variable al sur y luego al este de la Mina Peggy. Las altitudes en el área de estudio oscilan entre los 2690 metros y los 2770 metros y la topografía local es escarpada. La vegetación comprende matorrales y bosques en las elevaciones más bajas y páramo en las elevaciones más altas. El clima es comúnmente nublado, húmedo y frío. El área ha sido examinada previamente por geólogos de la Misión Británica (Litherland et al., 1990; Clarke, 1989).



Las rocas de caja observadas a lo largo de la vía de acceso están dominadas por granito tipo Tres Lagunas variablemente deformado y esquistos micáceos de color gris plateado de la subdivisión Chigiüinda (división Loja). El esquisto sericitizado con manchas de óxido de hierro de color marrón amarillento es bastante común. En las cercanías de la confluencia de los ríos Santa Bárbara y Ayllón, las rocas de caja comprenden esquistos micáceos de color gris plateado y, a veces, púrpura, interestratificados con capas de esquisto porfiroblástico granular de grano medio (posiblemente toba metavolcánica o grauvaca). Es común una foliación paralela a la estratificación, pero existen pliegues secundarios superpuestos y crenulaciones. Los ejes de los pliegues se sumergen aproximadamente al SSE a 45° o menos. Los esquistos están afectados por pliegues abiertos a escala métrica y la orientación de la estratificación/foliación primaria es compleja. Los estratos competentes dentro de los esquistos suelen ser lenticulares y presentan estructuras boudinage. Vetas de cuarzo de tensión, lensoydales y con deformación compleja, intruyen comúnmente las litologías del basamento. Estas vetas son tanto concordantes como discordantes y suelen tener menos de 1 metro de espesor, aunque ocasionalmente son más gruesas.

Vetas de cuarzo de tipo frágil discordantes, cuarzo-ankerita o ankerita pura se encuentran en las proximidades de la confluencia de los ríos Ayllón y Santa Bárbara. Una veta de cuarzo que contiene arsenopirita, pirita y otros sulfuros ha sido explotada aproximadamente 0.5 km aguas abajo de la confluencia, en la margen este del río Santa Bárbara. Este sitio fue examinado previamente por Clarke (1989), quien reportó valores de oro de 46.5 a 635 gramos/tonelada para muestras de mineral del botadero. Aproximadamente 1 km aguas arriba de la confluencia, en las márgenes este y, particularmente, oeste del río Ayllón, los trabajos en roca dura están produciendo actualmente oro de una veta de 0.5 metros que intruye el esquisto del basamento con un rumbo de $N67^\circ E$ y un buzamiento de $68^\circ NW$. Una sociedad que explota esta veta tiene en funcionamiento un potente compresor y un molino de bolas motorizado. Los mineros locales afirmaron que anteriormente existían otras labores subterráneas en la zona y en las cabeceras del río Ayllón. Restos de maquinaria pesada y tuberías de acero (de gran diámetro) en esta zona pertenecieron al parecer a una operación aluvial mecanizada.

Actualmente, el lavado de oro aluvial mediante métodos artesanales es la forma de explotación más practicada en la zona. La minería es realizada por sociedades integradas por diversos números de individuos que explotan las terrazas aluviales/coluviales y las gravas del lecho del río. Los bloques de desecho a menudo se utilizan para construir muros de acreción que dan una buena indicación de la considerable mano de obra que se ha empleado en la zona. El oro de los ríos Ayllón y Santa Bárbara, cuando se observó, era de grano medio y de buena calidad. El oro parece ser angular en las proximidades de la confluencia de los ríos, pero forma pequeñas láminas en forma de disco aguas abajo, en las cercanías de la Mina Peggy. Se dice que el oro de la Quebrada Oscura es muy grueso.

Los bloques en el río Ayllón, aguas arriba de su confluencia con el río Santa Bárbara, están dominados por esquisto micáceo gris de subangular a subredondeado y psamitas más redondeadas. También son bastante comunes los grandes bloques redondeados de cuarzo de veta de tipo metamórfico. Estos bloques a menudo tienen inclusiones de esquisto micáceo. Además, se presentan bloques de roca volcánica blanca de grano fino y pórfido, así como granodioritas granulares de grano medio. En esta localidad se encontró un bloque de forma angular de cuarzo de tipo veta blanca con arsenopirita gruesa, y muestras similares fueron recuperadas posteriormente a unos 1.5 km aguas arriba. Clarke (1989) reportó un valor de oro de 5.2 g/t para una muestra similar.

Los mineros aluviales trabajan actualmente en las márgenes y el lecho del río Ayllón. Se observó que una partícula de oro de esta zona era de color plateado en un extremo debido a la amalgamación con mercurio. El mercurio en el río es presumiblemente de origen antropogénico.



Los bloques aluviales en el río Santa Bárbara, aguas arriba de su confluencia con el río Ayllón, comprenden esquistos micáceos de color gris-blanco claro y granitoides de grano fino a medio de color gris-verde. Los esquistos de color gris plateado oscuro son menos comunes que en el río Ayllón. Los bloques mineralizados incluyen fragmentos angulares a subangulares de esquisto silicificado gris de grano fino, granular, y esquisto sericítico con puntos diseminados de pirita. Se observó un esquisto similar con textura brechada. Se observaron bloques de esquisto silicificado con vetas de cuarzo y cuarzo de veta de tipo metamórfico blanco, a menudo con inclusiones de esquisto micáceo, lo cual es bastante común.

Se obtuvo oro mediante bateo en aluviones gruesos teñidos con óxido de hierro en la margen sur del río Santa Bárbara, donde existen excavaciones moderadamente extensas. No había mineros trabajando al momento de la visita debido al mal tiempo.

En el río Santa Bárbara, a unos 0.5 km aguas abajo de su confluencia con el río Ayllón, los bloques del río incluyen pelitas de angulares a redondeadas, semipelitas, granodioritas, esquistos verdes, pórfidos feldespáticos fíricos y granito tipo Tres Lagunas cizallado. Los bloques mineralizados incluyen arsenopirita bandeada y cuarzo de veta con pirita con pequeños granates rojos dispuestos en bandas paralelas. Los esquistos sericíticos blancos y el esquisto silicificado granular, ambos con pirita diseminada, no son poco comunes.

En las proximidades de la confluencia del río Ayllón y el río Santa Bárbara se recolectaron varias piedras tibias compuestas de roca de granate-epidota roja-verde, óxidos de hierro marrones y esquisto de magnetita bandeada marrón.

La presencia de vetas de cuarzo de tipo fractura frágil, discordantes, con arsenopirita y otros sulfuros, y ankerita, que tienen valores de oro (Clarke, 1989), confirman que estas vetas son una fuente probable para gran parte del oro aluvial en los sistemas de drenaje de los ríos Ayllón y Santa Bárbara. Sin embargo, la presencia de cuarzo de veta de tipo metamórfico relativamente común en afloramientos y aluviones podría proporcionar una fuente adicional de oro similar a la propuesta para el área de Matanga. Además, la ocurrencia de esquistos sericíticos y silicificados con presencia de sulfuros (pirita) indica un tipo adicional de mineralización aún no analizada para oro y otros metales potencialmente económicos.

Las vetas de cuarzo de tipo metamórfico están probablemente asociadas con actividad hidrotermal relacionada con el cizallamiento a lo largo de la zona de cizalla de Baños, similar a la mineralización observada desde el este de Saraguro hasta el río Collay en una distancia de 120 km.

Las vetas de cuarzo-ankerita-arsenopirita-sulfuro-oro pueden ser una expresión tardía del cizallamiento de Baños y esto está respaldado por su apariencia bandeada (*ribbon texture*). Alternativamente, estas vetas pueden ser una manifestación de actividad hidrotermal relacionada con pórfidos, sin embargo, existe poco o ningún sustento físico para esta última hipótesis.

Los esquistos sericíticos/silicificados piritizados y la brecha de esquisto pueden ser de origen syngénético o epigénético. La fuente de esta mineralización es desconocida.

El área de los ríos Santa Bárbara y Ayllón es una zona de producción de oro histórica y actual, y esta mineralización está posiblemente relacionada con varias etapas o tipos de depósitos primarios. El área tiene un alto potencial económico y debe ser investigada de manera intensa.

2.5 Río San Francisco (Mapa 4a)

El río San Francisco se encuentra al este de la ciudad de Gualaceo y es aurífero. El acceso es a través de una vía afirmada de buena calidad. El área de interés se ubica en los tramos medio y alto del río, a una altitud de unos 3065 metros. La topografía local es escarpada y, en ocasiones, encañonada. La vegetación es de matorral, bosque y páramo. Gran parte de la tierra es agrícola. El clima es por lo general frío, húmedo y brumoso.

Se visitó una mina aluvial activa en el tramo superior del río, donde hay abundantes evidencias de labores anteriores. Una sociedad de doce hombres y niños trabaja gravas aluviales gruesas en la margen sur del río mediante métodos artesanales.

Los bloques aluviales comprenden fragmentos gruesos, de angulares a redondeados, dominados por esquistos verdes de grano medio, granodioritas y algunos esquistos sericíticos blancos. También se observaron milonitas silicificadas de color gris, y la epidotita verde masiva es común. El cuarzo de veta de tipo metamórfico, de color gris púrpura a blanco y masivo, a menudo con planos de inclusión blancos, es muy común.

Los concentrados de batea son ricos en minerales pesados. El oro es de color marrón amarillento, de grano medio, irregular, de láminas subredondeadas aplanadas a equidistantes, gránulos y pepitas. Los granos tienen superficies con picaduras finas a medias, a menudo con recubrimientos de óxido de hierro de color marrón rojizo y presentan un desgaste por agua moderado.

La dominancia de bloques de esquisto verde indica una fuente en el basamento dentro de la subdivisión Alao-Paute (división Alao). El oro proviene muy probablemente de vetas de cuarzo de tipo metamórfico que comúnmente conforman los bloques en el aluvión. Los depósitos aluviales no son lo suficientemente grandes como para justificar una producción más mecanizada. Existe potencial para mineralización económica en el área de la fuente del basamento.

2.6 Río Ishpingo (Mapa 4a)

El río Ishpingo se localiza al este del río San Francisco, a través de la divisoria de aguas de la Cordillera Real, y es accesible por la carretera a Indanza. El río drena hacia el este, hacia el Oriente, y es aurífero. El valle del Ishpingo es de laderas empinadas y densamente boscoso, con páramo en las elevaciones más altas. El clima es frío, húmedo y brumoso en las altitudes superiores, pero es más cálido y húmedo en las partes bajas.

Se visitó una mina aluvial operada por un hombre y dos niños a una altitud de aproximadamente 2800 metros. La mina es un aluvión grueso en el lecho del río con bloques redondeados a angulares y discoidales de esquistos micáceos de grano fino, color gris plateado a gris oscuro/negro, granodiorita/diorita de color gris-verde de grano fino a medio, esquisto micáceo gris silicificado y una inusual roca porfídica/porfiroblástica con cristales gruesos subangulares de feldespato gris. Los bloques de esquisto verde son menos comunes. También hay bloques de cuarzo de veta de tipo metamórfico blanco con planos de inclusión blancos e inclusiones de esquisto micáceo.

El oro es de grano fino a grueso y forma láminas angulares y láminas enrolladas/plegadas. Los granos son de color marrón amarillo dorado, raramente amarillo dorado brillante/verde amarillento, de grano medio a grueso, irregulares subredondeados, a veces parcialmente aplanados, pero generalmente pepitas con superficies con picaduras de grado medio a grueso y recubrimientos de óxido de hierro marrón rojizo en algunas partes. El oro presenta un ligero desgaste por agua.

Los bloques aluviales derivan probablemente del basamento de la subdivisión Chigüinda (división Loja), y el oro probablemente se origina en vetas de cuarzo de tipo metamórfico que cortan el basamento.

Aproximadamente a 1 km al este de la mina aluvial, se presenta un saliente prominente de afloramiento teñido de óxido de hierro de color marrón amarillento a lo largo de unos 140 metros de la carretera. El afloramiento comprende granodiorita de biotita de grano medio relativamente fresca al este, que cambia hacia una granodiorita alterada por cuarzo-sericita-pirita friable hacia el oeste. Una veta de cuarzo masivo con pirita gruesa y gossan corta esta última litología. Más al oeste, aflora una granodiorita relativamente dura con pirita diseminada. Probablemente, toda la sección sea parte de un dique o *plug* de granodiorita mineralizada. Hacia el este, la intrusión está limitada por esquistos micáceos, pero más al este nuevamente, se expone granodiorita relativamente fresca en un deslizamiento de tierra al costado de la carretera. Esta área debe ser investigada más a fondo en busca de mineralización diseminada relacionada con intrusiones.

2.7 Río Gualaceño (Mapa 4a)

El Río Gualaceño es un afluente del Río Ishpingo que drena hacia el noreste desde la divisoria de aguas y las laderas orientales de la Cordillera Real hacia el Oriente. El río es aurífero y cuenta con varios trabajos en terrazas aluviales, tanto activos como abandonados, en su curso inferior. La topografía y la vegetación son similares a las del Río Ishpingo y el área examinada tiene una altitud de 2185 metros con un clima cálido y húmedo.

Las rocas de caja comprenden esquistos micáceos de color gris-negro de la subdivisión Chigüinda (división Loja), cortados ocasionalmente por vetas de cuarzo de tipo metamórfico, blancas y deformadas de manera variable. El oro se extrae de aluviones gruesos que forman terrazas fluviales, a menudo adheridos a caras empinadas de la roca caja. Los bloques de las terrazas aluviales comprenden esquistos micáceos grises de redondeados a subangulares, esquistos grises silicificados o con vetas de cuarzo, granodioritas y dioritas de grano medio granulares y porfídicas, y cuarzo de veta de tipo metamórfico. Los bloques están inmersos en una matriz de grava y arcilla. Los esquistos silicificados son particularmente comunes. Los minerales pesados son abundantes en los concentrados de batea, y el oro es de color marrón amarillento dorado, a veces amarillo dorado brillante, de grano medio, aplanado, con formas desde láminas discoidales hasta irregulares, algunas con inclusiones de cuarzo envolventes. Los ejemplares de color amarillo dorado brillante tienden a ser pepitas y masas de forma más equitativa e irregular. Los óxidos de hierro de color marrón rojizo comúnmente recubren las superficies, las cuales presentan picaduras medias. El oro está bien desgastado por el agua, excepto por los ejemplares de color amarillo brillante. Lo más probable es que el oro provenga de vetas de cuarzo de tipo metamórfico que cortan las litologías del basamento en la cuenca de captación del río.

2.8 Principal (Mapa 4a)

El área examinada se encuentra en las cercanías de la confluencia del Río de la Burra Playa y la Quebrada Chorro Blanco, donde se unen para formar el Río Shío a unos 2 km al este-sureste del pueblo de Principal. Los ríos drenan las laderas occidentales de la Cordillera Real, al oeste de la divisoria de aguas. La topografía local varía de suave a empinada con tierras agrícolas abiertas y algunos bosques densos. La altitud es de unos 2710 metros y el clima es cálido y seco.



La geología local comprende esquistos miloníticos y esquistos con augens de las subdivisiones Tres Lagunas y Chigüinda (división Loja), y estas rocas están bien expuestas en secciones fluviales, especialmente en el Río de la Burra Playa. Los bloques en este último río comprenden una selección considerable que incluye esquistos de color verde grisáceo de grano fino, esquistos con augens feldespáticos, granito cizallado tipo Tres Lagunas, esquistos de cuarzo-sericita, esquistos micáceos silicificados, diorita (incluyendo el tipo hornblenda de grano medio), cuarzo de veta de tipo metamórfico/leucogranito/pegmatita, y brechas volcánicas riolíticas de grano grueso y recientes, que a veces contienen fragmentos de esquistos del basamento. Las rocas mineralizadas están representadas principalmente por bloques grandes, de forma irregular, subredondeados y teñidos de óxido de hierro marrón, de matriz soportada, intrusivos o de brecha volcánica, silicificados y piritizados de grano medio y color blanco grisáceo. Se observó un bloque de brecha clástica de esquistos micáceos gris plateado con piritita disseminada y en vetas. Según se informa, el oro se extrae del Río de la Burra Playa más arriba, y un afluente es conocido como la Quebrada Minas.

Las litologías de bloques aluviales observadas en la Quebrada Chorro Blanco comprenden una serie algo diferente que incluye esquistos verde-grisáceos comunes, epidotita (a veces asociada con cuarzo de veta, carbonato y sulfuros), esquistos con augens feldespático, rocas feldespato-fíricas/blásticas grises, diorita, andesita volcánica gris púrpura, pórfido feldespato-fírico y volcánicos alterados blancos. Las litologías mineralizadas están representadas por bloques poco comunes de roca silicificada y piritizada (¿brecha?) y la epidotita mineralizada mencionada anteriormente. Se observó cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico, a menudo con inclusiones cloríticas verdes. Según se informa, el oro se obtiene de trabajos aluviales ubicados más arriba en la Quebrada Chorro Blanco.

Se examinó una mina de oro aluvial en la margen sur del Río Shío, inmediatamente aguas abajo de la confluencia del Río de la Burra Playa y la Quebrada Chorro Blanco. El oro se obtiene de un pozo de unos 3 a 4 metros de profundidad excavado en aluvión de terraza fluvial gruesa compuesto de bloques redondeados y grava, parcialmente cementado con piritita granular que le da al aluvión su color gris y color sulfuroso. El horizonte aurífero se encuentra por debajo de unos 5 metros de este aluvión rico en piritita. Los bloques aluviales tienen hasta 1 metro de diámetro y comprenden la misma serie de litologías encontradas en el aluvión tanto del Río de la Burra Playa como de la Quebrada Chorro Blanco. Además, los bloques mineralizados incluyen esquistos verde grisáceos de grano fino a medio con piritita disseminada; esquistos/cuarcita silicificada de color blanco grisáceo con piritita disseminada; pórfido feldespato-fírico de color gris oscuro con piritita disseminada; rocas de cuarzo-piritita granular de color gris oscuro con vetillas de cuarzo; rocas de mica/tremolita verde grisácea con piritita disseminada; y cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico de color blanco grisáceo con sulfuros de grano fino en algunos lugares. Las piedras tibias de guijarros grises de cuarzo-piritita, con drusas revestidas de cristales, son bastante comunes y los concentrados de batea de la mina están dominados por arena de piritita de grano fino a medio y oro.

El oro de la mina comprende láminas y pepitas de color marrón amarillento dorado mate y amarillo verdoso, de grano medio a grueso, irregulares y subredondeadas, con superficies de picaduras medias a muy gruesas. Las pepitas contienen inclusiones de cuarzo. Las superficies están comúnmente recubiertas de piritita de grano fino u óxidos de hierro, lo que explica en gran medida el color del oro.

El aluvión del Río Shío es el aluvión más rico en pirita encontrado hasta ahora en la Cordillera Real. El origen de esta pirita es probablemente la roca de cuarzo-pirita granular y brechada, muy rica en sulfuros, y las piedras tibias; el oro también podría originarse de estas fuentes. Este tipo de mineralización de sulfuros es probablemente de carácter epitermal y está posiblemente asociada con los volcánicos riolíticos del Cuaternario (Formación Tarqui) que son comunes en el área. La presencia de una brecha de fragmentos de esquisto micáceo mineralizada con sulfuros y abundante pirita no es inconsistente con esta hipótesis. La pirita diseminada también está asociada con las litologías metamórficas en el área y esto podría proporcionar una fuente adicional, o alternativa, para el oro. No obstante, estas últimas litologías mineralizadas son menos comunes que las mencionadas anteriormente y son una fuente de oro menos probable.

El cuarzo de veta de tipo metamórfico, fuente probable de gran parte del oro encontrado a lo largo de la zona de cizalla de Baños, es otro candidato para el origen de parte o de todo el oro aluvial del Río Shío. En la actualidad, estas fuentes potenciales no pueden discriminarse con confianza y se recomienda realizar más trabajos en esta área fuertemente mineralizada.

2.9 Río Collay - Río Pilares (Mapa 4a)

El Río Collay es uno de los ríos productores de oro más famosos y referenciados históricamente en Ecuador (Wolf, 1892; Navarro, 1986).

El Collay ocupa un valle de laderas empinadas con tendencia norte-noreste, compuesto predominantemente por tierras agrícolas con bosque en altitudes superiores y páramo en las elevaciones más altas. La altitud en la parte del río examinada, cerca de su confluencia con el Río Pilares, es de 2750 metros. El guía local afirmó que casi toda la longitud del Collay y su afluente, el Pilares, se trabaja en busca de oro aluvial en los meses de verano de noviembre a enero. Además, afirmó que hasta 500 hombres trabajan en los ríos.

El Collay y el Pilares fueron examinados en las cercanías de su confluencia.

Los bloques aluviales en el Pilares comprenden comúnmente esquisto semipelítico bandado blanco y negro; esquisto micáceo de color plata gris-negro; esquisto silicificado y con vetas de cuarzo; cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico, generalmente con inclusiones de esquisto micáceo; y una variedad de pórfidos y rocas volcánicas de color gris, rosa o blanco, de blandos a duros. Otras litologías observadas incluyen granito cizallado tipo Tres Lagunas; esquisto granular verde; pórfido silicificado/calcedónico; roca silicificada homogénea gris de grano fino a medio; brecha volcánica y/o intrusiva silicificada y un bloque de material de veta de cuarzo-ankerita.

Las rocas de caja locales expuestas en el río comprenden esquistos grafiticos de color gris-negro de la subdivisión El Pan (división Alao), intruidos localmente por diques estrechos (menores a 1.5 metros de ancho) de pórfido de riolita, y cubiertos discordantemente por volcánicos alterados en arcilla de color blanco grisáceo, que a su vez están cortados por una red de fracturas teñidas de óxido de hierro de color marrón-negro.

El oro se extrae del aluvión del lecho activo del río y de las terrazas aluviales. En la confluencia del Collay y el Pilares existen extensos trabajos en terrazas abandonadas. Los mineros afirman que el oro en esta localidad es de grano fino, pero se vuelve más fino aguas abajo y mucho más grueso (pepitas de hasta 125 g) aguas arriba en el Pilares, cerca de las lagunas en las cabeceras del río. Estas afirmaciones no fueron confirmadas.

El Río Collay, inmediatamente aguas arriba de su confluencia con el Pilares, presenta bloques aluviales en escombreras de mina y en el lecho del río. Las litologías dominantes incluyen esquistos verdes, epidotitas y cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico con inclusiones de esquistos gris/verde. También son comunes los bloques de rocas volcánicas del Cuaternario (Formación Tarqui), y se observaron esquistos grafiticos de color gris plateado a negro. Eran comunes las piedras tibias que comprenden gossan de óxido de hierro bandeado y poroso. Los mineros locales afirman que el Collay se trabaja para la obtención de oro aluvial durante unos 2 km aguas arriba de su unión con el Pilares.

La abundancia de esquistos y cuarzo de veta de tipo metamórfico en los dos ríos sugiere que el oro se origina en vetas de cuarzo que cortan el basamento metamórfico.

El oro parece estar presente en los ríos a pesar de las variaciones en las litologías del basamento representadas por los bloques aluviales. Una característica de los filones alojados en zonas de cizalla es la presencia de vetas de cuarzo auríferas controladas por estructuras independientemente de las litologías del basamento. No obstante, la presencia de bloques de gossan, pórfidos silicificados y brechas, junto con la presencia de intrusiones menores de riolita que cortan el basamento, permite la posibilidad de que la mineralización relacionada con pórfidos sea una fuente o contribución a la cantidad de oro aluvial de los ríos.

La importancia de esta zona como productora de oro aluvial sugiere fuertemente que la exploración de la fuente primaria del oro podría compensar la inversión, por lo que se recomienda encarecidamente realizar más trabajos en el área.

2.10 Río Paute-Amaluza-Guarumales (Mapa 4b)

Se examinaron afloramientos mineralizados en las cercanías de la represa del Río Paute y aguas abajo hacia el campamento de INECEL en Guarumales. La topografía local es empinada con tierras agrícolas y bosque denso. Las altitudes en las áreas de interés oscilan entre 2150 metros y 1425 metros y el clima era despejado y cálido. El acceso es a través de una carretera afirmada de buena calidad que expone la mayoría de los sitios examinados.

En las inmediaciones de la represa de Paute, en las laderas sur del valle del Río Paute, la granodiorita del plutón de Amaluza forma exposiciones masivas de color gris en contacto con afloramientos de color marrón fuertemente fracturados de esquistos de cuarzo-sericita-pirita y esquistos psamítico-micáceo, variablemente alterados y mineralizados. La pirita se encuentra diseminada por todo el esquistos y en vetillas estrechas. La sección mineralizada está expuesta a lo largo de 200 metros o más desde el contacto intrusivo. Esquistos mineralizados de manera similar ocurre en el contacto oriental del plutón de Amaluza y es probable que todo el margen de la intrusión esté mineralizado de forma parecida. También se observó pirita diseminada en la granodiorita de Amaluza en un túnel en el lado norte de la represa de Paute.

La existencia de mineralización de sulfuros diseminada y en vetillas asociada con la granodiorita de Amaluza es de gran interés. Los ríos que drenan los márgenes occidentales del plutón son anómalos en zinc, plomo y molibdeno (Bristow et al., 1975) y podrían existir grandes tonelajes potenciales de roca mineralizada dentro de la intrusión y sus márgenes mineralizados. Esta zona debe ser examinada con mayor detalle.

Entre el contacto este del plutón de Amaluza y los afloramientos de esquistos de Guarumales, afloran las subdivisiones Alao-Paute y Upano, que a veces contienen cuarzo masivo de color blanco de tipo metamórfico en forma de vetas variablemente deformadas.

A unos pocos cientos de metros al oeste de Guarumales, un corte de carretera y un deslizamiento de tierra exponen un afloramiento fuertemente teñido de óxido de hierro marrón que comprende esquisto micáceo negro con vetas o segregaciones de cuarzo blanco, y algo de pirrotina, pirita, calcopirita y esfalerita en forma de cristales finos. La zona mineralizada parece ser relativamente estrecha (decenas de metros) y continua cuesta arriba. En esta área hay bloques de esquisto de cuarzo-sericita bandeado (a escala milimétrica) y deformado, así como cuarzo de veta blanco masivo, ambos con pirita.

En la margen este del Río Paute, inmediatamente aguas abajo del puente de Guarumales, unos 60 metros de esquistos fuertemente mineralizados y sulfuros polimetálicos masivos están expuestos como roca fuertemente teñida de óxido de hierro marrón en un corte de carretera. La roca mineralizada está dominada por esquistos micáceos blancos y verdes con pirita diseminada de grano fino a medio en mayor o menor grado. Hay capas de sulfuro masivo dentro de los esquistos.

Las capas de sulfuro varían desde una capa de un metro de espesor de pirita masiva hasta capas más estrechas (ca. 10 cm de espesor) de sulfuros polimetálicos de grano más fino, granulares, estratificados y plegados, es decir, pirita, calcopirita y galena. También se muestreó una lente rica en cuarzo-mica con calcopirita gruesa, esfalerita y otros sulfuros. Las rocas de caja locales comprenden esquistos micáceos negros, grises y verdes de la subdivisión Upano (Litherland et al., 1990).

En la margen norte del Río Paute, frente al afloramiento de sulfuro masivo de Guarumales, se observa más roca teñida de óxido de hierro marrón en afloramientos prominentes. Además, en la carretera que conduce a la subestación eléctrica, se exponen en algunos lugares afloramientos de esquistos mineralizados con pirita y teñidos de óxido de hierro marrón.

La mineralización de sulfuro masivo en Guarumales es probablemente de origen volcanogénico y su ocurrencia, junto con los numerosos afloramientos de esquistos mineralizados con sulfuros en las cercanías, es una fuerte indicación del potencial económico del área. Esta zona debe ser examinada de forma intensa, junto con otras partes de la subdivisión Upano y la subdivisión Alao-Paute, donde se ha descrito previamente una mineralización similar (Jemielita, 1991a).

3. METALOGÉNESIS Y POTENCIAL MINERAL

La mineralización examinada durante esta investigación de campo se puede clasificar de la siguiente manera:

- i)** Vetas de cuarzo $\pm$ turmalina $\pm$ oro alojadas en zonas de cizalla en esquistos.
- ii)** Vetas de tipo frágil, cuarzo discordante $\pm$ ankerita, arsenopirita, pirita, otros sulfuros $\pm$ oro, principalmente en esquistos.
- iii)** Placeres de oro en lechos de ríos aluviales y terrazas aluviales, incluyendo gravas de guijarros de cuarzo-turmalina.
- iv)** (¿Volcanogénicos?) Sulfuros polimetálicos masivos y sulfuros diseminados asociados en esquistos.
- v)** Sulfuros diseminados y en vetillas en granodioritas y sus rocas de caja.
- vi)** Sulfuros diseminados en brechas de riolita (¿y sílice calcedónica?)
- vii)** Sulfuros diseminados en esquistos de cuarzo-sericita y brechas de esquisto.
- viii)** Sulfuros diseminados en brechas volcánicas o intrusivas silicificadas.
- ix)** Material de veta de pirita-sílice masiva como “Piedras Tibias”.

Se observaron vetas de cuarzo alojadas en zonas de cizalla dentro de granito esquistoso de tipo Tres Lagunas y esquistos micáceos asociados, en las inmediaciones del Río Negro, al este de Saraguro. Este tipo de mineralización es similar a la observada al noreste, en el área del Río Shincata (Jemielita, 1991b), la cual se considera la fuente primaria de la mineralización de oro aluvial en la zona. En el área del Río Negro, existe una gran cantidad de fragmentos de cuarzo de veta angulares asociados con granito Tres Lagunas y esquisto alterados y meteorizados. Además, se presentan gravas de guijarros de cuarzo-turmalina similares a las terrazas de placeres auríferos de los ríos Shincata y Betas. No se observaron labores de oro aluvial en el área del Río Negro, pero el guía afirmó que el oro se había trabajado en el pasado. La similitud entre la geología y la mineralización del área del Río Negro con la que ocurre al noreste, a lo largo de la zona de cizalla de Baños, indica un potencial de oro aluvial y de veta en el área del Río Negro. Además, las observaciones en el área del Río Negro indican que el cizallamiento de Baños y la mineralización asociada se extienden más al sur de lo que se pensaba anteriormente.

Vetas de tipo frágil, discordantes, de cuarzo, ankerita y cuarzo-ankerita, a menudo con arsenopirita y otros sulfuros (pirita, calcopirita), así como oro, fueron observadas en las áreas de los ríos Ayllón y Santa Bárbara (Clarke, 1989; Jemielita, 1991b; este informe). Estas vetas son generalmente estrechas (aprox. 0.5 metros) y discordantes, cortando las litologías de esquisto de la roca de caja. En las cercanías de la Mina Peggy, cerca de Sigsig, se asocia espacialmente una mineralización polimetálica rica en arsenopirita con intrusiones de pórfido riolítico joven. Es posible que las vetas de cuarzo-ankerita-arsenopirita-sulfuros también estén relacionadas con intrusiones porfídicas, pero tal vínculo no se ha establecido de manera inequívoca. Las texturas bandeadas (deformadas) en estas vetas tienden a respaldar una conexión con zonas de cizalla.

Se observó oro en el lecho del río y en gravas de terrazas aluviales en los ríos Minas (Matanga), Ayllón-Santa Bárbara, Shío-Río de la Burra Playa (Principal), San Francisco, Ishpingo, Gualaceño y Collay-Pilares. La fuente de este oro aluvial no ha sido establecida, pero la ocurrencia de cuarzo de veta de tipo metamórfico (alojado en zonas de cizalla) en todos los ríos sugiere que estos tipos de vetas pueden constituir la fuente primaria de oro. No obstante, las vetas auríferas de cuarzo-ankerita-arsenopirita-sulfuros en los ríos Ayllón-Río Santa Bárbara pueden representar una fuente adicional o dominante de oro aluvial en estos ríos. La abundancia de pirita aluvial y de brechas y pórfidos mineralizados con pirita, asociados con los placeres de oro del Río Shío, puede indicar una fuente primaria de mineralización de oro más joven, relacionada con pórfidos o de tipo epitermal, en el área de Principal. La morfología del oro aluvial de todas las áreas descritas es bastante variable en cuanto al tamaño y forma del grano, y a veces en el color, pero el significado de estas diferencias no se conoce actualmente. Se propone examinar el oro aluvial y los minerales pesados asociados con más detalle en un futuro cercano.

Se observó sulfuros polimetálicos masivos y estratificados de posible origen volcanogénico en el área de Guarumales del Río Paute y serían un objetivo significativo para exploración. Estos depósitos ocurren dentro de esquistos micáceos bien foliados, de probable origen volcánico y sedimentario. Mineralizaciones de estilo similar constituyen enormes depósitos económicos en otras partes del mundo. La mineralización de sulfuros masivos ha sido descrita previamente en la Cordillera Real (Jemielita, 1991a).

Se observó pirita diseminada y en vetillas en los márgenes y en las rocas caja de esquisto alterado del plutón de Amaluza en el área del Río Paute. Esta mineralización sería significativa debido a la ocurrencia conocida de anomalías de zinc, plomo y molibdeno en los sedimentos fluviales de la zona y a los grandes tonelajes potenciales de dicha mineralización. Se observó otra granodiorita con más mineralización en el valle del Río Ishpingo y es posible que exista un conjunto de intrusiones mineralizadas de manera similar en la Cordillera Real (ver los mapas geológicos en Litherland et al., 1990).

Existe pirita diseminada en brechas riolíticas y posibles brechas de sílice calcedónica/opalina en el área de Cuchil, cerca de Sigsig. Las rocas caja son riolitas del Cuaternario, quizás de la Formación Tarquí, y esta mineralización puede representar actividad hidrotermal epitermal con potencial para metales preciosos diseminados de gran tonelaje. Toda la Formación Tarquí e, incluso, los volcánicos de la Formación Saraguro, más antigua, se consideran prospectivos para este tipo (Jemielita, 1991b, c).

Se observó pirita diseminada en brechas silicificadas matriz soportadas y en pórfidos en el área de Principal, específicamente en el Río Shío y el Río de la Burra Playa. Este tipo de mineralización está probablemente asociado con actividad epitermal dentro de los volcánicos de la Formación Tarquí y puede ser parte de un sistema de mineralización similar al representado por las brechas de Cuchil. También son comunes en el Río Shío los guijarros redondeados de material de veta de pirita-sílice, así como abundante arena de pirita. Este material también se considera de origen epitermal y, junto con la presencia de oro grueso en el área, indica un posible potencial para depósitos epitermales de metales preciosos.

Finalmente, en las cabeceras del Río Santa Bárbara, numerosos bloques de río de esquisto de cuarzo-sericita, a veces con una textura de brecha deformada, contienen pirita diseminada y en vetillas de grano fino. El origen de esta mineralización no se conoce y puede representar salbandas alteradas de vetas de cuarzo mineralizadas o mineralización singenética. La ocurrencia común de estos bloques indica una fuente significativa y esto debería investigarse más a fondo.

4. REFERENCIAS

ASPDEN, J. and VITERI, F. (1987-1988) Map S3-Mapa Geológico y Muestreo Petrológico y Geoquímico Paute-Méndez. Map S10-Geotraverse Map (1:50000) Sevilla de Oro-Copal-Méndez. Mapa S11-Geotraverse Map (1:50000) Santa Teresita-Río Arenillas-Laguna Maylas-La Merced. Map S12-Geotraverse Map (1:50000) Sigsig-Santa Bárbara-Principal-Tres Lagunas. Misión Británica

BRISTOW, C. R. et al. (1975) Mapa Geológico del Ecuador Escala 1:100000

CLARKE, M. C. G. (1989) Contribution to the understanding of the mineral potential of the southern Ecuadorian Andes. British Geologic Survey Technical Report WC/89/12 Overseas Geology Series.

JEMIELITA, R. (1991a) Informe de comisión a las provincias de Azuay (Minas de San Bartolomé, Pilzhum, Sigsig) y Chimborazo (Alao, Peltetec, Condorazo), del 18 de febrero al 08 de marzo. INEMIN N° 3674.

JEMIELITA, R. (1991b) Informe de comisión a las áreas de: Isimanchi, Malacatus, Jimbura-Amaluza, Yangana, San Antonio, Saraguro, Sigsig, Pilzhum, del 05 al 29 de mayo. INEMIN N° 5652.

LITHERLAND, M. et al. (1990) La geología y potencial mineral de la Cordillera Real, Ecuador.

NAVARRO, M. (1986) Investigación histórica de la minería en el Ecuador. INEMIN, Quito.

WOLF, T. (1892) Geografía y Geología del Ecuador. Brockhaus. Leipzig. F. A.

Mapas topográficos del Ecuador (escala 1:50000) Sigsig, Saraguro, Principal (censal), Gualaceo, Córdova (censal), Guachapalá (Sevilla de Oro), Cola de San Pablo. I.G.M.

Dr. Richard Jemielita

No. 7662

QUITO, DICIEMBRE 04, 1991

PARA : ING. WILSON SANTAMARÍA

DE : DR. RICHARD JEMIELITA y EGDO. JOHN BOLAÑOS

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión realizada a: Macas-Río Upano;
Osogochi-Cerro Pucurcu Grande-Cerro Tintillay-Cerro Soroche;
Laguna Atillo-Laguna Negra (Guamote-Macas road), del 04 al 22 de
noviembre, 1991

RESUMEN

Este trabajo de campo ha permitido identificar una variedad de tipos de mineralización, todos los cuales presentan un potencial económico significativo. El gran tamaño de algunas de estas zonas mineralizadas resulta muy alentador, y se considera que todas estas áreas justificarían un estudio detallado.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Geológico Cordillera Real, de Cooperación técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, en su tercera Fase contempla el subproyecto Potencial Económico de la Cordillera Real. Por este motivo se llevó a cabo la comisión de servicios del 04 al 22 de noviembre de 1991, con el fin de continuar los trabajos geológico-mineralógicos, y estudios de los afloramientos de las áreas de interés del subproyecto.

1.2 Objetivo

Continuar con los trabajos de investigación geo-mineralógicos y evaluación minera en la franja que comprende la Cordillera Real de los Andes, para poder determinar en el futuro su potencial económico encaminado al desarrollo minero nacional.

1.3 Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo integrada por:

Dr. Richard Jemielita (ODA/BGS)

Egdo. Johnson Bolaños (CODIGEM)

Sr. César Vinuesa (CODIGEM)



1.4 Medio de transporte

Jeep Land Rover placa AT-0274 de la Misión Británica.

1.5 Detalle de actividades

Mes	Día	Travesía
Noviembre	03	Quito-Macas (Sr. chofer)
	04	Quito-Macas (técnicos)
	05	Macas-9 de Octubre-Río Abanico
	06-07	Área del Río Abanico
	08	Río Abanico-Río Upano
	09	Río Upano-9 de Octubre-Macas-Gualaceo
	10	Gualaceo-Paute-Sevilla de Oro-Santa Teresita-Río Collay
	11	Río Collay-Santa Teresita-Paute-Gualaceo-Alausí
	12	Alausí-Guasuntos-Totoras-Osogochi-Laguna Cubillín
	13	Laguna Cubillín-Cerro Pucurcu Grande-Laguna Cubillín
	14	Laguna Cubillín-Cerro Tintillay-Laguna Cubillín
	15	Laguna Cubillín-Cerro Soroche
	16	Cerro Soroche-Osogochi
	17	Osogochi-Atillo
	18-20	Área del Río Atillo
	21	Área del Río Atillo-Riobamba
	22	Riobamba-Quito

1.6 Acceso

Algunos de los tramos de estudio son accesibles por medio de vehículo (Land Rover-Misión Británica), tal como el tramo Guasuntos- Osogochi, en el que hubo que usar doble transmisión, pero en tramos altos de la Cordillera que generalmente sobrepasan los 3500 msnm, es necesario caminar y usar acémilas para poder llegar a los puntos de interés y cumplir con el objetivo propuesto, así por ejemplo el Cerro Soroche (ca. 4730 msnm).

2. GEOLOGÍA

2.1 Macas-Río Abanico-Río Upano (Mapa 5a)

El área examinada se localiza en las proximidades de la confluencia de los ríos Abanico y Upano, entre 12 y 22 km al WNW de la ciudad de Macas. Ambos ríos nacen en las elevaciones más altas de la Cordillera Real y drenan las vertientes orientales. Ambos ríos son auríferos. La topografía local es de moderada a escarpada, con terrenos agrícolas y bosque denso. Las altitudes en las zonas estudiadas, situadas principalmente a lo largo de la carretera incompleta Guamote-Macas, oscilan entre los 1565 metros y los 1925 metros. El área es accesible mediante vehículos de doble tracción y a pie. El clima es cálido y húmedo.

La geología local comprende una secuencia metavolcánica y metasedimentaria con tendencia andina de esquistos grafiticos (Formación Napo), esquistos micáceos y cuarcitas de la subdivisión Upano (división Salado; Litherland et al., 1990). Están intruidas por un cuerpo compuesto (Colimbo) de composición diorítica a granodiorítica.

Los indicios de mineralización son comunes a lo largo de la carretera Guamote-Macas en afloramientos con una fuerte a moderada tinción de óxido de hierro (pardo-amarillo) entre la confluencia del río Abanico y Colimbo al este, y la confluencia del río Upano y Cugusha al oeste (mapas censales Macas y Zuñac, 1:50000), una distancia de casi 16 km.

A unos 0.5 km al oeste de la confluencia del río Abanico y Cugusha se encuentra un afloramiento teñido de óxido de hierro con esquistos negros carbonosos/grafiticos, probablemente ejemplos deformados de la Formación Napo. Los esquistos están bien estratificados y algunos muestran un bandeamiento (a escala centimétrica) de esquisto negro de grano fino alternado con cuarcita de color gris claro. Los esquistos están moderadamente bien foliados y deformados por pliegues abiertos (a escala métrica). A veces es visible el clivaje de crenulación y la lineación asociada. El rumbo y el buzamiento de la foliación y la estratificación son complejos debido al plegamiento, pero predomina un rumbo general este-oeste con buzamientos que van de abruptos a horizontales.

La mineralización comprende vetas de cuarzo blanco, deformadas, masivas a vuggy, con pirita gruesa y, a veces, un mineral laminar de color blanco-rosado-verde, posiblemente alunita. También se observó un mineral negro polvoriento, probablemente un óxido de manganeso. La pirrotina, posiblemente la pirita y la calcopirita, comprenden motas gruesas y cristales diseminados más finos en toda la matriz del esquisto y la cuarcita. Masas alargadas de sulfuro ocurren paralelas a la estratificación sedimentaria relictas. La alteración consiste principalmente en silicificación. En el mapa geológico de Macas (escala 1:100000), este sitio se atribuye a una mineralización de hierro y molibdeno, pero este último metal no fue observado durante el presente estudio.

El cercano río Colimbo contiene abundante granodiorita de biotita-hornblenda xenolítica de color blanco, así como esquisto grafitico y esquisto/metasedimento silicificado y bandeado. Es probable que esta zona esté próxima al contacto con la intrusión Colimbo, y la mineralización probablemente esté relacionada con esta intrusión, que también está mineralizada (ver más abajo). La mineralización hidrotermal en litologías carbonosas/grafíticas es de interés debido a la ocurrencia de oro epitermal económico en tales litologías, por ejemplo, en la mina de oro Carlin en Nevada, EE. UU.

Más al noroeste y al oeste, a lo largo de la carretera Guamote-Macas, los afloramientos de esquisto micáceo y psamitas contienen sulfuros diseminados de grano fino a medio (pirita, pirrotina, calcopirita) y vetillas. Además, vetas de cuarzo blanco, masivas y deformadas (de tipo metamórfico) y vetas de cuarzo ricas en sulfuros, de grano fino, con textura azucarada a calcedónica, de color blanco a negro (de tipo epitermal) cortan estas litologías en algunos lugares. La mineralización y la alteración (sericitización y silicificación) dentro de los esquistos son de intensidad variable. La mineralización más fuerte está expuesta como un afloramiento de 200 metros de largo de esquistos fuertemente teñidos de óxido de hierro a unos 3 km al NW del río Salado Grande.

Los bloques en el río Salado Chico comprenden granodiorita de biotita-hornblenda de color leucocrático, de grano medio, de subangulares a subredondeados, muy grandes a pequeños, a menudo con xenolitos angulares a redondeados de diorita de grano fino a medio. La diorita también se presenta como bloques menos comunes. También se encuentran esquistos micáceos endurecidos de color gris oscuro, a veces con vetas de cuarzo de tipo metamórfico. Muchos bloques son de color pardo debido a la tinción de óxido de hierro y tienen pirita diseminada. El esquisto verde y el esquisto grafitico también están presentes, pero no son comunes. Se observó un bloque de esquisto verde cortado por una pegmatita de hornblenda y con calcopirita diseminada.



El río Salado Grande es mayor que el Chico, pero los bloques del río son de menor tamaño. Las litologías incluyen esquistos micáceos de color plateado-gris-negro, usualmente muy deformados. Es común una granodiorita de biotita-hornblenda, gris y de grano medio, que a menudo contiene pirita y calcopirita diseminadas. Los sulfuros también están diseminados en hornfels grises endurecidos de grano fino, cuarzo de veta de tipo metamórfico y esquisto bandeado blanco. Otras litologías incluyen una roca de mica-epidota roja-verde, anfibolita bandeada verde-blanca y aplita de grano fino rosa-beige.

El río Salado Grande generalmente tiene una mayor proporción de esquistos y menos granodiorita que el Salado Chico. Ambos ríos contienen abundantes litologías mineralizadas con sulfuros. En las cercanías se presentan manantiales limoníticos. Ninguno de estos ríos es explotado para la obtención de oro.

Más al oeste, los bloques del río en el río Cugusha están dominados por esquistos micáceos de color gris plateado y, a veces, negros con vetas estrechas (escala centimétrica) de cuarzo de tipo metamórfico. Las litologías menos comunes incluyen volcánicos porfídicos grises de grano fino; monzodiorita micácea, granular, de color beige y grano fino; monzonita/monzodiorita xenolítica gris de grano medio; granodiorita de biotita xenolítica, granular, de grano medio y color blanco; y cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico, a menudo con inclusiones de esquisto micáceo. Se observó un bloque de brecha volcánica o aglomerado de color bermellón, junto con un bloque de brecha de intrusión de granodiorita xenolítica-esquisto micáceo. Los bloques andesíticos de color marrón son comunes. Las muestras mineralizadas son poco comunes, pero se anotó un bloque de roca de sílice-pirita, granular y de grano fino (¿intrusivo mineralizado?).

El oro aluvial se explota en el río Upano. Las minas aluviales no estaban operando y no fueron visitadas, pero se observó oro perteneciente a mineros en la cercana ciudad de 9 de Octubre. El oro es de un color amarillo intenso y de buena calidad. Típicamente es de grano fino y comprende láminas pequeñas, circulares e irregulares, pero redondeadas y aplanadas, con superficies picadas de finas a gruesas.

También se dice que se extrae oro aluvial del cercano río Abanico.

En resumen, el área comprende una secuencia de metasedimentos y metavolcánicos variablemente mineralizados con sulfuros, alterados hidrotermalmente y meteorizados, intruidos por un plutón compuesto de diorita-granodiorita (intrusión Colimbo) generalmente fresco y variablemente mineralizado con sulfuros. Vetas de cuarzo de tipo metamórfico masivas, pero generalmente pequeñas y deformadas, cortan los esquistos en algunos lugares, pero son más comunes las vetas de cuarzo de tipo epitermal, a menudo con sulfuros asociados.

La amplia y, a menudo, fuerte alteración hidrotermal y mineralización se atribuye a la intrusión Colimbo. Esta intrusión no es porfídica, pero está mineralizada y puede haber mineralizado los márgenes de su roca de caja mediante la evolución de fluidos magmático-hidrotermales, o al proporcionar una fuente térmica para la circulación de aguas subterráneas por convección. Este estudio, junto con trabajos previos en el área, indica la presencia de mineralización de hierro, cobre, molibdeno y oro, y es posible que el plutón Colimbo y sus márgenes mineralizados puedan tener un potencial económico significativo.

2.2 Área de Osogochi-Cerro Soroche (Mapa 5b)

Esta área se localiza a unos 45 km al SSE de la población de Guamote, en la divisoria de aguas de la Cordillera Real. Las altitudes en el área examinada oscilan entre aproximadamente 3800 metros y 4730 m, y la topografía varía de suave a alpina. La vegetación es de páramo y el clima es frío y húmedo. El área es accesible mediante vehículos de doble tracción por una carretera de lastre desde Palmira o Cumballa (ver valle de Zula) vía Totoras y Osogochi, y luego en mula o a pie.

La geología local está dominada al oeste por lavas recientes y rocas volcanoclásticas que suprayacen de forma discordante, extensa y a menudo intensiva, a un basamento de esquistos negros con vetas de cuarzo y cuarcitas de la subdivisión Punín (división Guamote; Litherland et al., 1990) y cubre parcialmente a los esquistos verdes de la subdivisión Alao-Paute (división Alao) al este. Estas últimas rocas conforman algunos de los picos más altos de la divisoria de aguas, incluido el Cerro Soroche (4730 m), el pico de esquisto más alto de la Cordillera Real.

El área estudiada se ubica al sur en Laguna Cubillín (hoja Totoras 1:50000). Una prominente montaña rocosa con laderas de talud de color rojo llamada Cerro Pucurcu Grande (equivalente en quechua de Cerro Colorado o Red Mountain) domina el área al oeste del Cerro Soroche. El color rojo se debe a la tinción de óxido de hierro del pórfido con fenocristales de feldespato y contenido de pirita diseminada del cual está compuesta la montaña. En detalle, las rocas son pórfidos de feldespato de grano medio, color blanco-grisáceo, variablemente alterados y mineralizados con pirita. Los feldespatos están alterados y la epidota está presente con frecuencia. Las muestras varían en color e intensidad de alteración. A veces se presentan feldespatos rosados y se observó un pórfido alterado de color púrpura. Algunas muestras tienen una textura de brecha de grano medio con clastos de brecha alterados y piritizados. También se observó dacita porfídica de grano fino, de color púrpura-verde, con poca o ninguna pirita.

Lejos del afloramiento más mineralizado (aproximadamente 3 km²) del Cerro Pucurcu Grande, las rocas de caja comprenden andesitas porfídicas grises de grano medio, a veces con alteración de epidota (propilítica). Esta litología contiene pequeñas áreas de alteración y mineralización más intensa en algunos lugares.

Otras áreas de alteración hidrotermal y mineralización relativamente extensas e intensivas incluyen las laderas noroeste del Cerro Tintillay. Un valle estrecho aquí contiene canchales de color pardo amarillento que comprenden pórfido andesítico alterado y silicificado y brechas con pirita diseminada de grano fino a medio y, más raramente, calcopirita. La quebrada aguas abajo de este sitio contiene un sedimento grueso aluvial/coluvial de pórfido alterado y mineralizado en una matriz de arcilla. Este material es de color gris, pero donde está oxidado presenta una tinción parda con óxidos de hierro. Los concentrados de batea de este material comprenden pirita casi pura.

En las laderas orientales de la montaña (4060 m) al oeste de Laguna Verde Cocha, se examinó una muestra de pórfido teñido con óxido de hierro, silicificado y piritizado. Esta muestra parece haberse originado en afloramientos ladera arriba en la montaña (4060 m). La cercana quebrada Yuracyacu expone gran cantidad de afloramiento teñido de óxido de hierro pardo. Un deslizamiento de tierra de tamaño considerable, inmediatamente al norte del tramo inferior de esta quebrada, expone un afloramiento fuertemente teñido de óxido de hierro pardo y un talud de brecha porfídica gris-blanca compuesta de roca volcánica porfídica de grano fino a medio con abundante pirita diseminada y en vetillas.

La mayoría de las litologías descritas anteriormente son probablemente flujos de lava y rocas volcanoclásticas, pero, ante la falta de un mapeo detallado, algunos afloramientos podrían ser intrusivos o brechas intrusivas. El Cerro Pucurcu Grande se considera particularmente importante debido a la gran extensión de pórfido mineralizado. Además, un Cerro Pucurcu Chico aparece marcado en el mapa topográfico de Huangra (escala 1:50000) a unos 3 km al SSW del Cerro Pucurcu Grande, y es probablemente de composición similar. El potencial económico es sugerido por la existencia de una quebrada de Minas en el lado oriental del Cerro Pucurcu Chico. Los guías locales sugieren que esta quebrada es aurífera. Es probable que la extensa alteración hidrotermal y mineralización asociada con estas litologías porfídicas esté relacionada con intrusiones de pórfido de alto nivel, una fuente potencial importante de una variedad de tipos de depósitos minerales económicos. Se recomiendan encarecidamente investigaciones adicionales en el área.

El propósito original al visitar esta área fue examinar el Cerro Sorocho (o Soroche) en busca de mineralización económica. Soroche es un término de uso común para denotar sulfuros (especialmente galena argentífera), pero también puede significar mal de altura (el Cerro Soroche tiene 4730 metros en la cumbre). Se confirmó que la montaña está compuesta de esquistos verdes y rocas verdes de la subdivisión Alao-Paute mediante el estudio de bloques angulares al pie de las laderas noroccidentales, alrededor de la Laguna Verde Cocha Chica. Estas rocas estaban cortadas en algunos lugares por vetas de cuarzo y calcita de tipo metamórfico, y a veces se presenta pirita diseminada de fina a gruesa. La clorita y la epidota son ubicuas. No se observó una mineralización fuerte durante esta breve visita y una exploración más profunda de la montaña requeriría una expedición considerable. El Cerro Soroche es uno de los picos no volcánicos en Ecuador con una capa de hielo permanente (Hastenrath, 1981). El origen del nombre Soroche permanece sin confirmar, pero la presencia de mineralización de tipo sulfuro masivo volcanogénico (VMS) en otras áreas de la subdivisión Alao-Paute, así como litologías similares en la subdivisión Upano, alentaría la investigación de esta área.

2.3 Atillo-Laguna Negra

El área de Atillo-Laguna Negra se localiza a unos 35 km al SE de la población de Gualaceo y es accesible mediante vehículos de doble tracción a lo largo de la carretera Guamote-Macas. Las altitudes en el área examinada oscilan entre los 3300 y 3600 metros. La topografía va de suave a muy escarpada y la vegetación es principalmente de páramo. El pastoreo de ganado se practica en el amplio valle glacial en forma de U del río Atillo.

La geología local está dominada por rocas volcánicas y volcanoclásticas recientes y, posiblemente, intrusiones porfídicas, que cubren gran parte del área al oeste de la Laguna Atillo. En las proximidades de la Laguna Atillo se han reportado peces fósiles (Patterson, 1990) en sedimentos lacustres de grano fino. Las litologías volcánicas y sedimentarias suprayacen de forma discordante a los esquistos verdes y rocas verdes de la subdivisión Alao-Paute que están expuestos al este de la Laguna Atillo, especialmente a lo largo de la carretera Guamote-Macas.



En las cercanías del pueblo de Atillo, varios cortes de carretera exponen afloramientos considerables de pórfidos mineralizados y alterados hidrotermalmente, de color marrón amarillento y teñidos por óxidos de hierro. En detalle, los pórfidos son dacitas de grano fino a medio, grises y de textura feldespato-fírica. Donde están frescas, los feldespatos exhiben maclas de albita. Más comúnmente, el pórfido está fuertemente caolinizado y/o sericitizado y silicificado en algunas partes. Frecuentemente se presenta pirita de grano fino diseminada y en fracturas o vetillas, y se ha reportado azufre nativo en esta localidad (Litherland et al., 1990). El pórfido mineralizado a veces tiene una apariencia brechosa y está cortado en algunos puntos por una red estrecha (escala centimétrica) de vetas o diques intrusivos granulares, grises y de grano fino. El pórfido está cartografiado (mapa geológico Alausí 1:100000) como parte de la Formación Tarqui de rocas volcánicas y volcanoclásticas, pero puede ser intrusivo. Es muy probable que la actividad hidrotermal sea una mineralización epitermal relacionada con intrusiones porfídicas, y esta área debería ser examinada por su potencial económico, en particular para metales preciosos.

Al este del pueblo de Atillo, en la orilla norte de la Laguna Atillo, un corte de carretera expone una secuencia bellamente estratificada y bandeada de areniscas lacustres (de hasta 1 metro de espesor) y limolitas de grano fino (posiblemente bituminosas). Estas litologías están comúnmente teñidas de marrón amarillento con óxidos de hierro. Estos sedimentos pueden tener potencial como fuente de diatomita.

Al este de la Laguna Cuya, hacia la Laguna Negra y a través de la divisoria de aguas hacia las cabeceras del Río Upano, se encuentran extensamente expuestos esquistos verdes, rocas verdes y esquistos grises de la subdivisión Alao-Paute (división Alao), especialmente en cortes de carretera frescos a lo largo del tramo recientemente excavado (actualmente incompleto) de la carretera Guamote-Macas.

A lo largo de la orilla norte de la Laguna Negra, los esquistos verdes y las rocas verdes comprenden una exposición clásica de rocas fuertemente cizalladas. La exposición se caracteriza por rocas verdes masivas competentes y ligeramente boudinadas (de hasta varios metros de ancho) con bandas intermedias de esquistos verdes fuertemente cizallados y foliados. Los esquistos verdes generalmente tienen vetas de cuarzo de tipo metamórfico, masivas, blancas y paralelas a la fábrica (de escala centimétrica) y vetas similares de calcita granular de grano fino. En contraste, las rocas verdes más masivas muestran vetas de tensión (de hasta 10 cm de espesor) a veces en grupos *en échelon* normales al plano de cizalla (ca. N5°E dip 76°W), y compuestas de cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico, a menudo con ankerita gris-blanca asociada, carbonato rosa y/o cristales verdes gruesos de clorita. Estas vetas suelen tener halos de alteración gris-rosados, probablemente debido a la carbonatación. Las vetas, los esquistos verdes y las rocas verdes contienen más o menos pirita y se observó algo de calcopirita. Este es un ejemplo clásico de una zona de cizalla mineralizada y tiene al menos 500 metros de ancho en esta localidad. De manera similar, las zonas de cizalla mineralizadas comúnmente tienen mineralización de oro significativa en terrenos de rocas verdes Arcaicos y más jóvenes; por lo tanto, este ejemplo debe ser investigado por su potencial económico.

Al este de la Laguna Negra, los esquistos verdes y las rocas verdes dan paso a esquistos micáceos grises y negros, a veces grafiticos, con una foliación con tendencia ca. N173°E, buzando ca. 80°W. En algunos lugares, estas litologías están cortadas por vetas estrechas (escala de 1 a 2 cm) de cuarzo-calcita-pirita-calcopirita. Las vetas son tanto concordantes como discordantes y a veces están boudinadas. Las vetas de hasta 10 cm de espesor son bastante comunes. Al oeste del Río Galgalán, una zona de varios metros de espesor de vetas de cuarzo blancas, masivas y deformadas está asociada con mineralización de pirita diseminada gruesa en los halos de las vetas de esquisto verde. La alteración de carbonato rosa es fuerte en esta localidad y la clorita está presente en algunos lugares como mineral de veta. La ankerita también fue identificada tentativamente como un mineral de veta.

La exposición de esquistos verdes y grises y rocas al este de Laguna Negra exhibe zonas alternas de litologías más masivas y más esquistosas (cizalladas/milonitizadas). La mineralización hidrotermal representada por cuarzo, calcita, clorita, ankerita, pirita y calcopirita en vetas y halos de alteración es común y quizás el mejor ejemplo de mineralización relacionada con zonas de cizalla visto hasta ahora en la Cordillera Real. Se piensa que este tipo de mineralización es la fuente de gran parte del oro aluvial encontrado en los ríos que drenan la Cordillera Real y, como se mencionó antes, existe un potencial económico considerable para la mineralización primaria de este tipo.

2.4 Río Collay - Río Pilares (Map 4a)

El área del Río Collay-Río Pilares fue visitada nuevamente para examinar el oro y tomar muestras de minerales de las minas aluviales de la zona. Para información sobre el contexto geológico y geográfico, ver Jemielita y Bolaños (1991).

Las minas aluviales estaban en operación en el Río Pilares, a unos cientos de metros aguas arriba de su confluencia con la Quebrada Huagararumi. La mina de aguas arriba, que empleaba a unos doce hombres, no fue visitada. La mina de aguas abajo (Sociedad Cari Collay) emplea a treinta hombres que habían excavado un pozo de cinco metros de profundidad en medio del río. El pozo expuso un lecho rocoso de color marrón amarillento, roca volcánica alterada en arcilla y aluvión aurífero que se describe en detalle en Jemielita y Bolaños (op. cit.).

El oro de la mina es moderadamente grueso (chispas de hasta 0.5 g según los mineros) y de un color amarillo dorado profundo. Los granos individuales son típicamente de finos a gruesos, aplanados, láminas semidiscoidales, granos alargados enrollados y cilindros, y masas extremadamente irregulares. Óxidos de hierro de color marrón oscuro a veces recubren las superficies de los granos, las cuales presentan picaduras de finas a muy gruesas. Los minerales pesados asociados parecen ser ricos en pirita. La producción de medio día de trabajo ascendió a solo 5.3 gramos, un rendimiento pobre para treinta hombres.

Otro pozo estaba siendo preparado por una sociedad de doce hombres en la confluencia del Río Pilares y la Quebrada Huagararumi, donde se unen para formar el Río Collay. No hubo muestras de oro o minerales pesados disponibles para análisis, pero se observaron muchos bloques de angulares a subangulares de brecha-porfídica porosa, silicificada, de color beige-marrón grisáceo con pirita de grano muy fino en las áreas no oxidadas (grises). Estas muestras son muy comunes y representan una brecha-porfídica mineralizada epitermal lixiviada por ácido. Las litologías que muestran este tipo de composición y mineralización tienen muy buen potencial para metales preciosos.

A unos pocos cientos de metros aguas abajo de la confluencia Río Pilares-Quebrada Huagararumi, doce hombres excavaron otro pozo en el lecho del río. El lecho rocoso expuesto en este pozo comprendía esquistos grises, y en esta vecindad se encuentra mucho esquistos micáceo piritizado, de color amarillo grisáceo y teñido de óxido de hierro marrón, probablemente derivado de una exposición de esquistos mineralizados en el lado del río que está sufriendo erosión activa. Esta litología de esquistos fuertemente piritizado podría tener potencial como fuente de oro y otros metales.

En resumen, el origen de gran parte del oro aluvial en el área del Río Collay-Río Pilares se atribuye a vetas de cuarzo de tipo metamórfico en la extensa cuenca de drenaje. No obstante, la presencia de rocas volcánicas e intrusiones de riolita como se reportó anteriormente (Jemielita y Bolaños, 1991), junto con el descubrimiento de brecha-porfídica piritizada y lixiviada por ácido durante esta visita, es una fuerte evidencia a favor de la presencia de mineralización de tipo epitermal en el área que posiblemente contribuye al contenido de oro del río.



3 METALOGÉNESIS Y POTENCIAL MINERAL

La mineralización examinada durante este levantamiento de campo puede clasificarse de la siguiente manera:

- i)** Placeres de oro aluviales en lechos de ríos y terrazas.
- ii)** Vetas de cuarzo $\pm$ ankerita $\pm$ calcita $\pm$ clorita $\pm$ piritita $\pm$ calcopiritita $\pm$ oro alojadas en zonas de cizalla y halos de alteración asociados en esquistos.
- iii)** Piritita $\pm$ calcopiritita diseminada en esquistos (relacionada con intrusivos).
- iv)** Vetas de cuarzo-piritita de tipo frágil y piritita asociada diseminada y en recubrimientos de fracturas en esquistos grafiticos, esquistos micáceos y semipelitas.
- v)** Piritita $\pm$ calcopiritita diseminada en diorita y granodiorita.
- vi)** Piritita diseminada en pórfidos dacíticos volcánicos y/o rocas intrusivas y brechas.
- vii)** Brecha porfídica de sílice porosa, lixiviada por ácido, con piritita diseminada.

Se encontraron placeres de oro aluviales en lechos de ríos y terrazas en los tramos bajos del Río Upano, inmediatamente aguas arriba de su confluencia con el Río Abanico. Se desconoce la fuente de este oro, pero puede estar relacionada con vetas de cuarzo de tipo metamórfico que cortan el basamento de esquisto en el área de la cuenca. Esto se ve respaldado por la presencia común de cuarzo de veta masivo como bloques en ríos y quebradas que drenan hacia el Río Upano, así como por la presencia relativamente común de tales vetas en afloramientos a lo largo de la sección del Río Upano de la carretera Guamote-Macas. No obstante, la mineralización de sulfuros extensa y a menudo intensiva asociada con la intrusión de la granodiorita de Colimbo y su aureola también puede aportar oro a los ríos. También se sabe que el Río Abanico es aurífero, pero no fue examinado.

El Río Collay-Río Pilares son famosos como productores de oro pasados y presentes (Navarro 1986; Wolf, 1892). Es probable que el oro provenga de vetas de cuarzo de tipo metamórfico que cortan el extenso basamento de esquisto en el área de la cuenca. Sin embargo, la presencia de litologías volcánicas e intrusivas, junto con indicios de mineralización de tipo epitermal, podría proporcionar una fuente adicional, si no alternativa, para el oro.

Se encontraron vetas de cuarzo $\pm$ ankerita $\pm$ calcita $\pm$ clorita $\pm$ piritita $\pm$ calcopiritita ($\pm$ oro?) alojadas en zonas de cizalla en esquistos expuestos de la subdivisión Alao-Paute y rocas al este de Laguna Atillo y en los tramos superiores del Río Upano a lo largo de la carretera Guamote-Macas. Estos son los mejores afloramientos de tal mineralización vistos hasta la fecha en la Cordillera Real y probablemente sean representativos del tipo de mineralización primaria responsable de gran parte del oro aluvial en los ríos que drenan la Cordillera. Dicha mineralización constituye una fuente importante de oro y plata en otras partes del mundo, especialmente en Canadá, Australia, Brasil y Sudáfrica, y podría tener potencial económico en Ecuador. El problema de encontrar suficiente material para minar se ve alentado en este caso por el ancho de varios cientos de metros de la zona de cizalla más o menos mineralizada en el área de Laguna Negra. La determinación de la ley de mineralización en este sitio está actualmente a la espera del análisis de las muestras.

La presencia de pirita $\pm$ calcopirita diseminada en esquistos es un hecho relativamente común en la Cordillera Real, notablemente en asociación con vetas de cuarzo alojadas en zonas de cizalla, descritas anteriormente. Se encontraron sulfuros diseminados, no relacionados obviamente con tales vetas, en el Río Collay y el Cerro Soroche. Estas muestras aún no han sido analizadas y su importancia económica es actualmente desconocida; sin embargo, la presencia conocida de sulfuros masivos (volcanogénicos) dentro de las litologías metavolcánicas-metasedimentarias de las subdivisiones Alao-Paute y Upano (Jemielita, 1991a; Jemielita y Bolaños, 1991) indica la importancia potencial de tales manifestaciones minerales que deberían ser investigadas más a fondo.

Posibles vetas de cuarzo-pirita de tipo frágil (¿epitermales?) relacionadas con intrusivos y pirita diseminada asociada y en recubrimientos de fracturas y otros sulfuros son comunes en esquistos grafiticos negros y otras litologías metavolcánicas y metasedimentarias en las cercanías de la zona Río Upano-Río Abanico cerca de Macas. Se piensa que esta mineralización está relacionada con la intrusión de la granodiorita-diorita compuesta de Colimbo, que es en sí misma una intrusión mineralizada (ver más abajo). La naturaleza extensa, y a menudo intensiva, de esta mineralización hidrotermal constituye un tremendo tonelaje potencial de material explotable, pero el potencial económico de esta mineralización espera el análisis de las muestras. La presencia de tal mineralización en esquistos grafiticos y sedimentos es alentadora debido a la existencia de grandes depósitos de oro relacionados con intrusivos en sedimentos carbonosos, como la mina de oro Carlin en Nevada, EE. UU.

La intrusión de Colimbo no fue examinada en detalle, pero los bloques de los ríos que drenan esta intrusión tienen abundantes ejemplos de diorita y granodiorita con pirita diseminada y, en algunos casos, calcopirita. La falta de texturas porfídicas sugiere que este no es un estilo de mineralización de tipo pórfido, no obstante, la intrusión de textura granular podría tener potencial para mineralización diseminada y/o en vetillas, de gran tonelaje y baja ley. Junto con su aureola aparentemente muy mineralizada, la intrusión de Colimbo es un objetivo de exploración atractivo.

La pirita diseminada se presenta en zonas mineralizadas muy extensas y a menudo intensivas en pórfidos dacíticos-andesíticos de textura feldespató-fírica en las áreas de Osogochi-Cerro Soroche y Atillo. La mayor área de tal mineralización se encuentra en el Cerro Pucurcu Grande la cual, junto con una mineralización potencialmente similar en el Cerro Pucurcu Chico y otros sitios cerca de Cerro Soroche y Atillo, constituye enormes volúmenes de roca mineralizada. Este tipo de mineralización está asociado con alteración fílica y argílica típica de intrusiones de pórfidos mineralizados, algunos de los cuales tienen un enorme potencial mineral. Estas muestras se encuentran actualmente a la espera de análisis.

La brecha porfídica de sílice porosa, lixiviada por ácido, con pirita diseminada se presenta como una concentración de bloques angulares expuestos por excavaciones en el lecho de la confluencia Río Pilares-Quebrada Huagrarumi en Collay. Tal brecha alterada y mineralizada ha sido registrada previamente en Gima (Jemielita, 1991b) y es comúnmente asociada con prospectos y depósitos de metales preciosos epitermales relacionados con pórfidos. La concentración y la forma angular de las muestras de Collay indican una fuente muy local y, junto con la presencia de rocas volcánicas e intrusivas félsicas y abundante oro aluvial en el área, sugieren fuertemente que esta zona tiene un potencial económico considerable para la mineralización de metales preciosos de tipo epitermal. Se recomienda encarecidamente la exploración intensa de esta área.



4. REFERENCIAS

JEMIELITA, R. (1991a) Informe de comisión a las provincias de Azuay (Minas de San Bartolomé, Pilzhum, Sigsig) y Chimborazo (Alao, Condorazo), del 18 febrero al 08 de marzo. INEMIN No. 3674.

JEMIELITA, R. (1991b) Informe de comisión a las Areas de: Isimanchi, Malacatus, Jimbura-Amaluza, Yangana, San Antonio, Saraguro, Sigsig, Pilzhum, del 05 al 29 de mayo. INEMIN No. 5652.

JEMIELITA, R. and BOLAÑOS, J. (1991) Informe de comisión a las áreas de: Matanga-Río Santa Bárbara-Río Ayllón; Principal; Rios San Francisco-Ishpingo- Gualaceño; Sevilla de Oro-Ríos Collay-Pilares; Río Paute-Guarumales, del 15 de septiembre al 04 de octubre. INEMIN No. 7096.

LITHERLAND, M. ET AL. (1990) La geología y potencial mineral de la Cordillera Real, Ecuador, INEMIN-Misión Británica.

NAVARRO, M. (1986) Investigación histórica de la minería en el Ecuador. INEMIN, Quito.

PATTERSON, C. (1990) Report on fossil fish from Laguna de Atillo. Ecuador. Report WH/90/54R. BGS. Unpublished.

WOLF, T. (1891) Geografía y Geología del Ecuador. Leipzig. F. A. Brockhaus.

Mapas topográficos del Ecuador (escala 1:50000) Macas (censal), Zuñac (censal), Huangra, Totoras, Córdova (censal). I.G.M.

Mapas geológicos del Ecuador (escala 1:100000) Macas, Alausí.

Dr. Richard Jemielita

No. 0716

QUITO, MARZO 31, 1992

PARA : DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO-MINERA

DE : DR. RICHARD JEMIELITA y EGDO. JOHN BOLAÑOS

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión a: Cochapamba-Oyacachi-El Chaco-Río Oyacachi-Río Santa María-Río San Juan Grande-Cosanga-Ríos del área de Cosanga-Río Coca-Río Payamino-Tena-Ríos del área de Tena-Ríos del área de Puyo-Baños, del 24 de febrero al 10 de marzo, 1992.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Geológico Cordillera Real, de Cooperación técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, en su tercera fase contempla el subproyecto Potencial Económico de la Cordillera Real. Por este motivo se llevó a cabo la comisión de servicios del 24 de febrero al 10 de marzo, 1992 con el fin de continuar los trabajos geológico-mineralógicos y estudios de los afloramientos de las áreas de interés del subproyecto.

1.2 Objetivo

Continuar con los trabajos de investigación geo-mineralógico, evaluación minera en la franja que comprende la Cordillera Real de los Andes, para poder determinar en el futuro su potencial económico encaminado al desarrollo minero nacional.

1.3 Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo integrada por:

Dr. Richard Jemielita (ODA/BGS)

Egdo. Johnson Bolaños (CODIGEM)

Sr. Cesar Vinueza (CODIGEM)

1.4 Medio de transporte

Jeep Land Rover placa AT-0274 de la Misión Británica.

1.5 Detalle de actividades

Mes	Día	Travesía
Febrero	24	Quito-Cangahua-Cochapamba-Cayambe
	25-26	Cayambe-Cochapamba-Oyacachi
	27-28	Ríos Area Oyacachi
	29	Oyacachi-Cochapamba-Cayambe
Marzo	01	Cayambe-Papallacta-El Chaco-Baeza
	02	Baeza-El Chaco-Río San Juan Chico-Río San Juan Grande
	03	Río San Juan Grande-Río Santa María
	04	Río Santa María-El Chaco-Baeza
	05-06	Baeza-Cosanga-Río Aliso
	07-08	Río Aliso-Río Cosanga
	09	Río Cosanga-Ríos Area de Tena-Tena
	10	Tena-Ríos Area de Puyo-Puyo-Baños-Quito.

1.6 Acceso

Algunos tramos de estudio, fueron accesibles con vehículo (Land Rover-Misión Británica), tal como el tramo El Chico-San Juan (camino en construcción), en el mismo que en determinados sitios hubo que usar doble transmisión y luego continuar a pie. Pero en tramos altos de la Cordillera que generalmente sobrepasan los 3000 m.s.n.m., fue necesario caminar y usar acémilas para poder llegar a los puntos de interés, y cumplir así, con el objetivo propuesto; por ejemplo, el tramo Cochapamba-Oyacachi, en la divisoria de aguas, siguiendo el sendero, en el sitio llamado “La Montera”, en el que se registró una altitud de 4000 m.s.n.m.

2. GEOLOGÍA

2.1 Río Oyacachi (Mapa 6a)

El Río Oyacachi es un importante río de drenaje hacia el este que atraviesa las litologías de tendencia andina de la Cordillera Real. Es el siguiente río principal al norte (a unos 17 km) del Río Papallacta (ruta del Oleoducto Transecuatoriano). La zona es de interés debido a los valores reportados de oro, cobre, plomo, zinc y arsénico en sedimentos fluviales en el Río Oyacachi y sus tributarios (Arguello y Lamina, 1989), y a la mineralización de cobre reportada (pirita, calcopirita, bornita) en roca (mapa geológico Píntag 1:100000) cerca de Cuyuja en el Río Papallacta. Además, se considera que el Río Oyacachi es aurífero (Pillajo y Báez, 1983; mapa geológico escala 1:100000 Reventador).

El área es accesible a través de un camino de herradura de buena calidad hacia el sur desde Cochapamba, a lo largo del valle de la Q. Pinanhuaycu y a través de una cresta (altitud 4000 metros) al sur del Cerro Ambal Sipamba hacia el valle superior del Río Oyacachi. La topografía local es escarpada, con vegetación de páramo en las altitudes más altas que da paso a matorrales y bosques nublados en los valles. Cuando se visitó, el clima era ventoso, húmedo y nublado, y los ríos estaban crecidos, por lo que el estudio se abandonó después de tres días. No obstante, se pueden extraer algunas conclusiones sobre la metalogénesis y el potencial mineral del área basándose en estudios previos (Litherland, et al., 1990; Arguello y Lamina, 1989).

Las rocas de caja entre Cochapamba y Nuevo Oyacachi comprenden una secuencia potente de riolitas a andesitas volcánicas y volcaniclásticas de colores púrpura, rosa, crema y blanco, siendo comunes el bandeamiento de flujo conspicuo, las vesículas y las texturas porfídicas. La exposición es más bien escasa, excepto en acantilados y a lo largo de cortes de carretera. Se debe prestar atención a numerosas montañas en el área con el prefijo “Puca”, que significa rojo en la lengua Quechua, y que posiblemente indica mineralización de sulfuros oxidados (por ejemplo, Cerro Pucurcu cerca de Osogochi: Jemielita y Bolaños, 1991). En las cercanías del pueblo de Nuevo Oyacachi se observaron bloques de esquisto verde. Desde este sitio hacia el este, Litherland et al. (1990) informan sobre la presencia de litologías de basamento metamórfico y plutónico de la subdivisión Agoyán, subdivisión Tres Lagunas, subdivisión Chigüinda, subdivisión Cerro Hermoso, subdivisión Upano y subdivisión Azafrán. Más al este, cerca de la confluencia del Río Oyacachi y el Río Quijos, afloran litologías de las formaciones Napo y Tena. El origen de los valores de oro, cobre, plomo, zinc y arsénico del Río Oyacachi es desconocido. Se observó mineralización de cobre en bloques en el Río Santa María y en el bajo Río Oyacachi (ver abajo) y se han registrado sulfuros de cobre diseminados en esquistos del basamento cerca de Cuyuja en el valle del Río Papallacta (mapa geológico escala 1:100000 Píntag). Litherland et al. (1990) registraron indicios de zinc en Oyacachi y bloques de material de veta de cuarzo-calcita en esquistos grafiticos con ensayos de hasta 7593 ppm de zinc en el Río Quijos. Además, la mineralización de cobre, zinc y plomo está muy extendida en localidades de skarn en el norte (Litherland et al., 1990).

Los valores anómalos de metales base antes descritos pueden, por tanto, estar relacionados con vetas de cuarzo mesotermiales, sulfuros diseminados (posiblemente syngenéticos) en esquistos, o skarns. La existencia de skarns ha sido postulada en el área de Oyacachi (Litherland com. pers.) pero no ha sido verificada hasta ahora.

En los tramos inferiores del Río Oyacachi, especialmente en los Ríos Santamaría, San Juan Grande y San Juan Chico, los bloques del río comúnmente comprenden esquistos verdes bien foliados (milonitizados), esquistos verdes con porfiroblastos tipo augen, esquistos verdes finamente bandeados (¿toba?) y epidotitas. Los esquistos verdes están comúnmente cortados por vetas de cuarzo de veta de tipo metamórfico blanco masivo, a menudo asociadas con carbonato de color blanco-crema-amarillo masivo (¿calcita-dolomita-ankerita?), masas de clorita de grano fino y color verde oscuro, y, ocasionalmente, sulfuros gruesos (pirita y calcopirita). Otras litologías observadas incluyen esquistos de color gris oscuro y semigranular (¿pórfido cizallado?); roca de grano fino de color gris oscuro con vetas estrechas (centímetros) de cuarzo blanco masivo; granito gris de grano medio a grueso, granular (tipo Tres Lagunas) con granos de cuarzo azul; esquistos micáceos de grano fino de color bermellón (¿Formación Tena?); granodiorita y granito granulares de grano medio. Los bloques del río están dominados por esquistos verdes cizallados e indican la proximidad a una falla dúctil importante que probablemente corre paralela al Río Oyacachi (N-S) y cartografiada como un cabalgamiento dentro de los esquistos verdes de la división Upano (Litherland et al., 1990). Se observó que el afloramiento en la margen occidental de la confluencia del Río Oyacachi y el Río Santa María comprende esquistos verdes con buzamiento pronunciado hacia el oeste con estrechas vetas de cuarzo paralelas a la fábrica (decímetros de ancho). No fue posible examinar estas rocas en detalle debido a la inundación del río.

En el Río Santa María, y aguas abajo de su confluencia con el Río Oyacachi, son comunes los bloques de color marrón teñidos de óxido de hierro. Estos comprenden principalmente esquistos de sericita-clorita de color blanco-gris-verde, de grano fino a medio (quizás silicificado), con pirita diseminada y, menos comúnmente, calcopirita. Estos bloques representan una mineralización de sulfuros asociada con el cizallamiento. El Río Santa María también contiene algunos bloques de granito de grano medio a grueso muy grandes (metros de diámetro). La presencia de anomalías de cobre, zinc, plomo, arsénico y oro, principalmente de sedimentos fluviales, junto con la presencia común de bloques mineralizados (pirita, calcopirita) en el área del Río Oyacachi, hace que este sea un objetivo atractivo para una exploración más detallada.

2.2 Río Cosanga y zonas aledañas (Map 6b)

El Río Cosanga y sus tributarios, los ríos Aliso, Yanayacu Grande y Bermejo, drenan las laderas orientales de la Cordillera Real al sureste del volcán Antisana.

La topografía local es muy accidentada con vegetación densa de bosque nublado y generalmente un acceso deficiente. El clima es cálido y húmedo, pero al momento de la visita estaba lluvioso, nublado y frío, y los ríos estaban inundados. Los Ríos Cosanga, Aliso y Yanayacu Grande están clasificados como auríferos (Pillajo y Báez, 1983) pero no son explotados por oro según la información local. El Río Cosanga también está clasificado con potencial de oro aluvial en el mapa geológico de Baeza (escala 1:100000).

Estos ríos drenan rocas de la subdivisión Chigüinda; la subdivisión Cerro Hermoso y la subdivisión Upano en sus cabeceras cerca de la divisoria de aguas de la Cordillera Real. También drenan litologías de las Formaciones Napo y Tena, así como serpentinita y volcánicos cuaternarios en las cercanías del pueblo de Cosanga.

Los bloques de río en el Río Cosanga, cerca del pueblo de Cosanga, están dominados por bloques grandes (<2 metros de diámetro), redondeados, de rocas volcánicas de grano medio, de textura granular a porfídica y vesicular, de color gris claro a oscuro y granate. Estas litologías a veces presentan bandeamiento de flujo. También son comunes bloques más pequeños de esquistos negros, grises y verdes. Los esquistos negros suelen estar fuertemente veteados con cuarzo blanco masivo y se observaron algunos bloques de esquistos micáceos silicificados, cizallados y veteados de cuarzo. Otras litologías observadas incluyen granodiorita granular gris de grano medio y cuarzo de veta de tipo metamórfico blanco masivo, este último a menudo contiene inclusiones de esquistos micáceos y carbonato de alteración amarillenta (¿dolomita?). Los bloques de cuarzo de veta suelen estar teñidos de óxido de hierro y se observó una muestra que contenía pirita granular de grano fino asociada con biotita de grano igualmente fino. Se observó un bloque de skarn o serpentinita moteada de grano grueso, de color verde claro a oscuro y marrón rosáceo. Otras muestras mineralizadas incluyen una roca dura de color verde, masiva a pobremente foliada con pirita diseminada (¿skarn? ¿serpentinita?). Se observó calcopirita en un bloque de cuarzo de veta masivo.

Más arriba, en el Río Cosanga, sobre su confluencia con el Río Aliso, en los bloques dominan los esquistos micáceos de grano fino a medio, de color gris, verde y negro. El cuarzo de veta de tipo metamórfico, blanco y masivo es bastante común, a menudo formando vetas deformadas (centímetros) en esquistos, y bloques discretos más grandes (decímetros). El cuarzo suele estar intercrecido con carbonato de color blanco-amarillo de grano grueso, y en algunas muestras hay pirita de grano fino. Se tomó una muestra de un bloque de esquistos sericítico gris, teñido de óxido de hierro, con pirrotina y calcopirita diseminadas de grano fino (compárese con el Río Santa María al norte). Los rodados de esquistos tipo augen son muy comunes. Los sedimentos están representados por pizarra negra y limolitas de color marrón oliva a verde (Fm. Napo, Tena), a menudo con vetas de cuarzo entrelazadas estrechas. Se tamizó grava de río gruesa en esta localidad y se obtuvo algo de arena negra para análisis. Se observaron uno o dos colores de oro muy pequeños.

El Río Aliso es un tributario del Río Cosanga. Se examinaron los bloques en el río a unos 2 km aguas arriba de su confluencia con el Cosanga. Las litologías observadas en los bloques del río incluyen volcánicos andesíticos de masivos a bandeados, de grano medio, porfídicos/vesiculares; esquistos micáceos verdes, negros y grises, y un bloque de serpentinita verde masiva endurecida. El cuarzo de veta de tipo metamórfico, blanco y masivo es bastante común como vetas de tensión y vetas deformadas en esquistos, y vetillas entrelazadas de tipo frágil en pizarras negras (¿sedimentos de la Fm. Napo?). El cuarzo de veta se asocia a menudo con carbonato grueso (¿dolomita?). Se observó pirita diseminada de grano fino en un bloque de milonita gris, silicificada, débilmente teñida de óxido de hierro marrón, y también en granodiorita de hornblenda gris-verde, granular y de grano medio. Se lavó arena del margen del río, pero el rendimiento de minerales pesados fue pobre y no se observó oro.

El Río Yanayacu Grande, al norte del pueblo de Cosanga, contiene bloques de lava volcánica y brecha; pizarras negras; caliza gris de grano fino; y esquistos grises, verdes y blancos. Los guijarros de cuarzo de veta de tipo metamórfico blanco masivo son bastante comunes. Se observaron pequeños guijarros de obsidiana, y se encontró un bloque de brecha volcánica o intrusiva con clastos de esquistos o lutita negra (¿Formación Napo?).

Las litologías observadas en el Río Cosanga, Río Aliso y Río Yanayacu Grande confirman las litologías del basamento mostradas en el mapa geológico (Litherland et al., 1990), e indican un terreno mixto de rocas metamórficas, sedimentarias, plutónicas y volcánicas.

El Río Bermejo se localiza al sur de Baeza y es un tributario del Río Cosanga. El Bermejo no está clasificado como aurífero (Pillajo y Báez, 1983). Se observaron afloramientos y bloques en el río en las cercanías del puente de la carretera Baeza-Cosanga y aguas arriba de la confluencia con el Río Cosanga. El afloramiento, en ambos lados del río en esta ubicación, comprende limolita de grano fino, de color bermellón, bien estratificada y con un fuerte buzamiento hacia el oeste, con manchas de reducción de color verde (¿Formación Tena?). Los bloques del río comprenden grandes bloques redondeados de volcánicos fragmentarios y lavas; esquistos micáceos de grano fino de color negro, gris, verde y bermellón; granodiorita verde granular de grano medio con vetas de cuarzo blanco masivo; riolita con bandeamiento de flujo, y traquita cremosa masiva de grano fino.

Las litologías mineralizadas incluyen brecha intrusiva fuertemente teñida de óxido de hierro marrón con clastos de granodiorita de hornblenda, y de manera similar teñida de hierro, pórfido biotítico-firico de color blanco-gris con pirita diseminada. Vetas masivas de cuarzo blanco de tipo metamórfico cortan esquistos de color negro-gris y granodiorita. A veces estas vetas de cuarzo contienen pirita.

La presencia de cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico en la mayoría de los ríos descritos anteriormente sugiere una posible fuente para el oro aluvial en estos ríos, pero la presencia de esquistos y granodioritas mineralizados con sulfuros podría apuntar a fuentes alternativas o adicionales.

La presencia de pórfidos y brechas intrusivas alterados hidrotermalmente y mineralizados en el Río Bermejo indica actividad relacionada con volcánicos/intrusivos con potencial posible para mineralización de metales base y preciosos.

2.3 Tena-Río Napo y alrededores (Mapa 6c)

Los ríos fueron visitados principalmente al este de Tena y también el Río Napo en las cercanías de Misahuallí. El área es de interés debido a la práctica extendida del lavado de oro (Pillajo y Báez, 1983). Desafortunadamente, los ríos estaban inundados al momento de la visita, lo que restringió el acceso al río para observar los bloques. Además, no había mineros aluviales trabajando.

El área es bastante accesible a lo largo de carreteras niveladas y caminos. La topografía es moderada y la vegetación comprende bosque tropical. Las tierras agrícolas están muy extendidas y el clima es generalmente cálido y húmedo. Los ríos en el área drenan las laderas orientales de la Cordillera Real. Las litologías en la cuenca de captación están dominadas por granitoides del batolito de Abitagua y el plutón de Azafrán, pero otras litologías incluyen sedimentos de las Formaciones Napo y Tena, metavolcánicos y metasedimentos de la subdivisión Upano y, más cerca de la divisoria de aguas de la Cordillera Real, skarns de calcita-magnetita, mármoles y metasedimentos de la subdivisión Cerro Hermoso, y esquistos y gneises de la subdivisión Agoyán (Litherland et al., 1990). Se observaron guijarros de cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico en el Río Tena, al oeste del pueblo de Muyuna.

Los ríos de la zona están clasificados como auríferos (Pillajo y Báez, 1983; Villavicencio, 1858), particularmente los afluentes de las cabeceras del Río Napo, por ejemplo, el Río Pano, el Río Tena (mapa geológico escala 1:100000 Tena) y el Río Verdeyacu (mapa geológico escala 1:100000 Chalupas). Los mineros locales y los comerciantes de oro indicaron que el oro del Río Napo, aguas abajo de Misahuallí, suele ser de grano bastante fino. Las muestras obtenidas de los comerciantes en Misahuallí consisten en láminas y discos aplanados de grano fino a medio. El oro es de color amarillo intenso y de buena calidad. Las superficies de los granos están moderadamente picadas y, a veces, estriadas. Se informa que el oro de los afluentes de aguas arriba es grueso, pero no hubo muestras disponibles para su análisis.

Se examinaron las gravas estratificadas de la Formación Tiyuyacu al suroeste de Tena. Estas comprenden capas poco litificadas de arenas cuarcíticas gruesas y gravas de color marrón púrpura, dominadas por guijarros bien redondeados y bien seleccionados (escala de centímetros) de cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico, así como cuarzo microcristalino gris y esquisto micáceo gris de grano fino. Esta formación está clasificada como aurífera (Pillajo y Báez, 1983), y puede ser una fuente sustancial o al menos parcial del oro aluvial que se encuentra en los sedimentos fluviales activos en el área de Tena.

La presencia de cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico como bloques de río en el área de Tena, así como su composición en guijarros en los sedimentos de la Formación Tiyuyacu, sugiere que el oro aluvial en el área de Tena y el Río Napo se originó a partir de vetas de cuarzo de tipo zona de cizalla mesothermal en la Cordillera Real. Este tipo de mineralización ha sido sugerido como una fuente probable de oro en otras partes de la Cordillera Real, por ejemplo, la falla de Baños (Jemielita, 1991). Los sedimentos de Tiyuyacu representan un ambiente sedimentario bastante maduro resultante de un episodio erosivo previo en la Cordillera Real en el tiempo Eoceno u Oligoceno (Sauer, 1965; Mapa Geológico Nacional de la República del Ecuador DGGM-IGS, 1982). El oro, al igual que los guijarros de cuarzo de veta, se concentraría como un mineral resistente, para ser liberado posteriormente por la erosión de los sedimentos. Las gravas de la Formación Tiyuyacu tienen similitudes litológicas y sedimentológicas con las gravas de guijarros de cuarzo-turmalina-oro del área del Río Shincata (Formación Bestión: Pillajo y Báez, 1983; Jemielita, 1991), pero se consideran de diferente edad. No obstante, los procesos genéticos involucrados en su formación fueron probablemente similares.

Por lo tanto, el oro aluvial en el área de Tena y el Río Napo deriva probablemente de al menos dos fuentes. En primer lugar, de vetas de cuarzo primarias de tipo metamórfico que cortan las litologías metamórficas y plutónicas de la Cordillera Real y, en segundo lugar, del oro de la Formación Tiyuyacu (y Tena), que a su vez derivó previamente de la primera fuente en el tiempo Eoceno-Oligoceno.

Es interesante notar que la Formación Tiyuyacu también aflora al norte de Tena, en las cabeceras de los Ríos Payamino, Coca y Aguarico, todos los cuales están clasificados como auríferos (Pillajo y Báez, 1983; Villavicencio, 1858). Las litologías de la Formación Tiyuyacu pueden aportar oro aluvial a todos estos ríos, particularmente porque los tramos más productivos de estos ríos se encuentran inmediatamente aguas abajo de la presencia de litologías de la Formación Tiyuyacu (Pillajo y Báez, 1983).

El espesor (70-550 metros; Mapa Geológico Nacional del Ecuador, DGGM-IGS 1982), la amplia ocurrencia y la naturaleza de la Formación Tiyuyacu hacen de esta un objetivo atractivo para la exploración mineral de gran tonelaje y debe ser investigada más a fondo.

2.4 Coca-Río Payamino

Se visitó la ciudad del Coca para investigar las posibilidades de obtener muestras de oro de los ríos Napo, Payamino y Coca, los cuales se unen en esta ubicación y están clasificados como auríferos (Pillajo y Báez, 1983). No hubo muestras disponibles en el Coca, el cual está dominado por industrias relacionadas con el petróleo. Se dice que el oro se vendía principalmente en Tena.

Se examinaron bloques de río en el Río Payamino, en el cruce del transbordador hacia el Coca. Los bloques (escala aproximada de 10 cm) comprenden pórfidos andesíticos de grano fino a medio, de color gris oscuro a claro, marrón y púrpura, con fenocristales de feldespato. Otras litologías menos comunes incluyen granodioritas granulares de grano medio, granito tipo augen, obsidiana y cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico blanco.

El Río Payamino tiene sus cabeceras en las laderas orientales del volcán Sumaco y el río corre hacia el este a través de tobas, basaltos y brechas (Fm. Misahuallí), lutitas, areniscas y cuarcitas (Fm. Hollín), lutitas negras y arcillas, chert, arcillas fosilíferas y arenas calcáreas (Fm. Napo), así como litologías sedimentarias de las Formaciones Tena, Tiyuyacu, Chalcana, Arajuno y Mera (Mapa Geológico Nacional de la República del Ecuador, 1982 DGGM-IGS). La ocurrencia exclusiva de bloques volcánicos e intrusivos/metamórficos en el sitio examinado refleja la dureza y la capacidad de preservación de estas litologías en comparación con las litologías de las formaciones sedimentarias en la cuenca de captación del Río Payamino.

El Río Payamino es de interés porque se trabaja para obtener oro aluvial pero no tiene una conexión directa con la Cordillera Real. Parece probable que el origen de este oro sea la Formación Tiyuyacu y, posiblemente, otras formaciones sedimentarias (por ejemplo, la Formación Tena), derivadas previamente de la erosión de la Cordillera Real (Pillajo y Báez, 1983). No se puede descartar una fuente volcánica intrusiva o una contribución de oro a la cantidad metalífera del Río Payamino.

2.5 Río Topo (Mapa 6d)

El Río Topo es un tributario del Río Pastaza y está clasificado como aurífero (Pillajo y Báez, 1983). El Río Topo fluye hacia el este y luego hacia el sur desde el corazón de la cordillera de los Llanganates, drenando litologías de las subdivisiones Tres Lagunas, Agoyán, Cerro Hermoso, Azafrán y Upano, así como skarn de calcita y magnetita (Litherland et al., 1990). Se examinaron los bloques del río en las cercanías del puente de la carretera Baños-Puyo, inmediatamente aguas arriba de la confluencia del Río Topo y el Río Pastaza. El río en esta ubicación contiene muchos bloques grandes (de varios metros de diámetro), redondeados a angulares, así como guijarros más pequeños y arena. Las litologías encontradas incluyen bloques de granodiorita gris, granular y de grano medio (a veces cizallada); esquisto gris de grano fino, endurecido o silicificado con vetas estrechas (escala de centímetros) de cuarzo blanco masivo; felsitas y granitoides porfídicos rosados de grano fino a medio; arenisca marrón y un bloque grande de brecha fragmentaria de roca gris de grano fino cementada por una mezcla roja-verde-blanca (hematita-epidota-cuarzo). Los guijarros comprenden esquisto micáceo gris de grano fino; arenisca roja; y una variedad de litologías de granito, monzonita y granodiorita, además de cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico blanco. Algunos bloques angulares de roca negra de grano fino (¿Formación Napo?) contienen cubos diseminados de pirita. Las orillas escarpadas del Río Topo exponen gravas de bloques moderadamente bien estratificadas en esta localidad. Los bloques son bien redondeados (menores a 1 metro de diámetro).

El Río Topo está clasificado como aurífero (Pillajo y Báez, 1983) y parece probable que la fuente de cualquier oro aluvial en el río pueda atribuirse a vetas de cuarzo de tipo metamórfico, mineralización asociada con intrusiones de granitoides y/o pórfidos, y posiblemente mineralización de skarn.

3. POTENCIAL MINERAL Y METALOGÉNESIS

La mineralización encontrada puede clasificarse de la siguiente manera:

- i)** Vetas de cuarzo alojadas en zonas de cizalla mesotermales ($\pm$ carbonato $\pm$ clorita $\pm$ pirita $\pm$ calcopirita $\pm$ oro?).
- ii)** Sulfuros diseminados (pirita-calcopirita) en esquistos de sericita-clorita cizallados y silicificados.
- iii)** Sulfuros diseminados (pirita, ¿otros?) en skarns y esquistos verdes.
- iv)** Sulfuros diseminados en pórfidos volcánicos y brechas alterados hidrotermalmente y silicificados.
- v)** Paleoplaceres de grava de guijarros de cuarzo (veta) auríferos.
- vi)** Placeres auríferos en aluviones recientes.

3.1 Vetas de cuarzo mesotermales alojadas en zonas de cizalla

La evidencia de vetas de cuarzo alojadas en zonas de cizalla mesotermales es común en forma de bloques redondeados de cuarzo de veta blanco masivo en todos los ríos examinados (es decir, los ríos Cosanga-Aliso, río Tena y el río Topo). En el sistema río Oyacachi-río Santa María y sus tributarios, el cuarzo de veta se asocia comúnmente con carbonato grueso de color crema a marrón amarillento por alteración (dolomita-ankerita) y masas de clorita de color verde de textura fieltada y grano fino. Se presentan granos gruesos de pirita y, más raramente, calcopirita. Las vetas a menudo cortan, o contienen inclusiones de, esquisto micáceo verde o gris-negro, y por lo general están fuertemente deformadas. Este tipo de mineralización de veta a veces transporta oro (e.g. California, Mother Lode) y puede ser responsable de gran parte del oro aluvial encontrado en los ríos de drenaje oriental de la Cordillera Real entre El Chaco en el norte y Puyo en el sur. Este tipo de mineralización también es relativamente común en afloramientos. Se observaron vetas de cuarzo cortando los esquistos verdes de la subdivisión Upano en la confluencia del río Oyacachi y el río Santa María. En la carretera Papallacta-Baeza, a unos 3 km al este de Cuyuja, se observa cuarzo de veta blanco masivo, fuertemente deformado (plegado), con estructuras boudinage, concordante y discordante, con cristales de biotita negra y motas gruesas de calcopirita (con malaquita y limonita), cortando esquistos gráficos grises foliados horizontales. También se ha registrado pirita, calcopirita y bornita diseminadas cortando esquistos micáceos en esta zona (Mapa Geológico del Ecuador; mapa geológico Píntag escala 1:100000), también pueden estar relacionadas con vetas de cuarzo mesotermales. Esta mineralización es relativamente común en las litologías cizalladas de la Cordillera Real, y se considera una fuente probable de gran parte del oro aluvial encontrado en los ríos de la Cordillera.

3.2 Sulfuros diseminados en esquistos de sericita-clorita cizallados y silicificados

Los sulfuros diseminados (pirita, calcopirita) en esquistos de sericita-clorita cizallados y silicificados son responsables de la presencia de bloques marrones teñidos por óxidos de hierro, que son comunes en los tramos inferiores del río Oyacachi y sus tributarios, especialmente en el río Santa María. Estas litologías representan una mineralización relacionada con el cizallamiento, posiblemente asociada con mineralización de tipo veta mesotermal, y también podrían ser auríferas. La presencia común de bloques mineralizados de este tipo en esta localidad indica un volumen de roca cercano y posiblemente mineralizado de manera sustancial.

3.3 Skarns y esquistos verdes

Pirita diseminada está en skarns y esquistos verdes en el río Quijos y el río Cosanga, y representaría mineralización singenética o epigenética (relacionada con intrusiones).

3.4 Pórfidos y brechas

La pirita diseminada se presenta en pórfidos y brechas de color blanco grisáceo, alterados hidrotermalmente, en el río Bermejo al sur de Baeza. Estas litologías representan una mineralización relacionada con eventos volcánico-intrusivos que posiblemente posean potencial de oro y plata.

3.5 Depósitos de paleoplaceres

Los depósitos de paleoplaceres de gravas de guijarros de cuarzo aurífero (filón) están representados por la Formación Tiyuyacu del Paleoceno-Eoceno, la cual fue examinada en las cercanías de Tena. Esta formación se presenta como un afloramiento de forma ovalada en los flancos de una estructura anticlinal (levantamiento Napo) a lo largo de unos 180 km de longitud de rumbo y se ubica al este de la Cordillera Real, así como en un afloramiento de menor tamaño (ca. 100 km de largo) en el sureste de Ecuador. Se dice que la Formación Tiyuyacu es explotada por oro en las cercanías de Tena, y ha sido evaluada como un objetivo minero en las proximidades del Río Aguarico (Barragán, 1984). Además, las partes más explotadas de los ríos auríferos Aguarico, Coca, Payamino, Napo, Curaray y Cangaimo se encuentran inmediatamente aguas abajo de los afloramientos de esta Formación.

Los guijarros observados en las gravas de la Formación Tiyuyacu están dominados por cuarzo de veta de tipo metamórfico, masivo y de color blanco grisáceo, junto con cantidades menores de chert gris de grano fino y esquisto micáceo. Parece probable que el oro en estas gravas se originó a partir de vetas de cuarzo mesotermiales en la Cordillera Real hacia el oeste y se concentró, junto con los guijarros de cuarzo de veta, como minerales resistentes. La Formación Tiyuyacu representa un entorno de paleoplacer con inmensos tonelajes de material aurífero potencial.

3.6 Oro aluvial

El oro se trabaja en sedimentos recientes en muchos ríos de las estribaciones de la Cordillera y el Oriente, especialmente en el Río Napo. Como se mencionó anteriormente, gran parte del oro aluvial en los ríos del Oriente probablemente deriva de la Formación Tiyuyacu, pero este oro, junto con el oro aluvial en los ríos aguas arriba de la Formación Tiyuyacu, probablemente se derivó en última instancia de vetas de cuarzo mesotermiales alojadas en zonas de cizalla ubicadas en las litologías del basamento metamórfico-plutónico de la Cordillera Real al oeste.

Desde un punto de vista económico, los sedimentos auríferos de la Formación Tiyuyacu se consideran un objetivo de oro aluvial de gran tonelaje muy atractivo. No obstante, también puede haber potencial para mineralización de oro en roca dura y metales base dentro de las litologías del basamento cizallado de la Cordillera Real, especialmente dentro de los esquistos verdes de la subdivisión Upano. Es probable que la explotación en esta última zona se vea dificultada por la falta de acceso y el terreno accidentado.

4. REFERENCIAS

ARGUELLO, J., CARRION F. AND LAMINA, LUIS ANAGUANO (1989) Prospección geoquímica exploratoria de yacimientos metálicos oro-cobre-plomo-cinc región de Oyacachi. Proyecto 86-08 Escuela Politécnica Nacional CONUEP.

BARRAGÁN, J. (1984) Proyecto Placeres Auríferos (Cóndor). Informe Anual, INEMIN, Quito.

DGGM-IGS (1982) Mapa Geológico de la República del Ecuador Escala 1:1000000.

JEMIELITA, R. A. (1991) Informe de comisión de las áreas de: Isimanchi, Malacatus, Jimbura-Amaluza, Yangana-San Antonio, Saraguro, Sigsig, Pilzhum, del 05 al 29 de mayo de 1991, CODIGEM No. 5652, Quito 23 de mayo de 1991.

JEMIELITA, R. A. AND BOLAÑOS, J. (1991) Informe técnico de comisión a: Macas-Río Upano, Osogochi-Cerro Pucurcu Grande-Cerro Tintillay-Cerro Soroche, Laguna Atillo-Laguna Negra (Guamote-Macas road), del 04 al 22 de noviembre, 1991. CODIGEM No. 7662, Quito diciembre 04, 1991.

LITHERLAND, M. ET AL. (1990) La geología y potencial mineral de la Cordillera Real, Ecuador.

PILLAJO, AND BAEZ (1983) Mapa del potencial aurífero aluvial de la República del Ecuador. DGGM, Quito, Ecuador.

SAUER, W. (1965) Geología del Ecuador, Quito, Ecuador.

VILLAVICENCIO, MANUEL (1858) Geografía de la República del Ecuador. Robert Craighead, New York.

Mapas topográficos (escala 1:50000): Cangahua, Oyacachi, Santa María de Quijos, Baeza, Papallacta, Cosanga, Tena, Puerto Napo, Río Chalupas, Río Mulatos.

Mapas geológicos (escala 1:50000): Reventador, Píntag, Baeza, Chalupas, Tena, San José de Poaló, Puerto Napo, Baños, Puyo.

Dr. Richard Jemielita

No. 2137

QUITO, JULIO 06, 1992

PARA : DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO-MINERA

DE : DR. RICHARD JEMIELITA y EGDO. JOHN BOLAÑOS

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión a Pimampiro-Sigsigpamba-Río Mataquí-Monte Olivo-Río San Miguel-Río Minas-Tuquer-El Cedral-Chamiza-La Bonita-Qda. La Industria-La Sofía-Río Condué-Río Cofanes y afluentes, del 18 de mayo al 06 de junio, 1992

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto geológico Cordillera Real, de Cooperación técnica entre los Gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, en su Tercera Fase contempla el subproyecto Potencial Económico de la Cordillera Real. Por este motivo se llevó a cabo la comisión de servicios del 18 de mayo al 06 de junio de 1992 con el fin de continuar los trabajos geológico-mineralógicos y estudios de los afloramientos de las áreas de interés de la Cordillera Central de los Andes.

1.2 Objetivo

Continuar con los trabajos de investigación geo-mineralógicos y evaluación minera en la franja que comprende la Cordillera Real de los Andes para poder determinar en el futuro su potencial económico encaminado al desarrollo minero nacional.

1.3 Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo integrada por:

Dr. Richard Jemielita (ODA/BGS)

Egdo. Johnson Bolaños (CODIGEM)

Sr. José López (CODIGEM)

1.4 Medio de transporte

Jeep Land Rover placa AT-0274 de la Misión Británica.

1.5 Detalle de actividades

Mes	Día	Travesía
Mayo	18	Quito-Pimampiro-Sigsigpamba-Ibarra (técnicos y chofer)
	19	Ibarra-Pimampiro-Río Mataqui-Ibarra
	20	Ibarra-Monte Olivo-Río San Miguel-Ibarra
	21	Ibarra-Río Minas (W)-Río Minas (E)-Tulcán
	22	Tulcán-Tuquer-El Cedral-Tulcán
	23	Tulcán-San Gabriel-Chamizo-Afluentes del Río Minas-Tulcán
	24	Tulcán-La Bonita
	25	La Bonita-Rosa Florida-Qda. La Industria-La Bonita
	26	La Bonita-La Sofía
	27-28	La Sofía-área del Río Condué-La Sofía
	29-30	La Sofía-área del Río Cofanes-La Sofía
	31	La Sofía-Río Laurel-La Sofía
Junio	01-02	La Sofía-área de la Qda. Chisparosa-La Sofía
	03-04	La Sofía-área de la Qda. Guadual-La Sofía
	05	La Sofía-Río Cofanes-El Remolino-La Sofía
	06	La Sofía-La Bonita-Quito

1.6 Acceso

Los tramos de estudio que se encuentran cerca de la Panamericana Norte del país generalmente tienen vías carrozables de segundo y tercer orden, tal como las áreas de Pimampiro, Monte Olivo, La Paz, Tuquer. En algunos casos hubo que usar la doble transmisión para entrar aún más en la Cordillera (más de 3500 m.s.n.m.) y luego caminar. En el sector de La Bonita, el vehículo solo entró hasta esta población; para luego continuar por caminos de herradura hacia los lugares de la Qda. La Industria y La Sofía.

2. GEOLOGÍA

2.1 Pimampiro y alrededores (Mapa 7a)

Se examinaron afloramientos, principalmente en cortes de carretera, junto con bloques de río en los valles del río Mataquí, río Blanco y río Verde, ubicados al sur de la población de Pimampiro. Estos ríos y sus tributarios drenan las vertientes occidentales de la Cordillera Real. La topografía local es escarpada, mayoritariamente con tierras agrícolas y algo de bosque. La vegetación de páramo se presenta a mayores altitudes. Las elevaciones de los sitios examinados oscilan entre los 1800 metros y los 2400 metros, pero la cresta de la Cordillera Real hacia el este alcanza aproximadamente los 3800 metros en algunos puntos. El área es accesible para vehículos a lo largo de buenas carreteras de grava y a pie. El clima fue moderado y generalmente seco.

La geología local comprende una secuencia con rumbo andino de esquistos verdes y esquistos pelíticos a semipelíticos. Estas litologías presentan cizallamiento y foliación variables y están intruidas en algunos puntos por un plutón de granodiorita de hornblenda y biotita de grano grueso (intrusión de Pimampiro) y diques granitoides. Las litologías del basamento esquistoso son miembros de las subdivisiones Agoyán y Monte Olivo (División Loja; Litherland et al., 1990), y se cree que en el área existen pegmatitas graníticas, clasificadas como subdivisión Tres Lagunas. Al este aflora el batolito granítico de Condué (Litherland et al., 1990). Las litologías del basamento están cubiertas de forma discordante por lavas andesíticas, brechas y aglomerados (volcánicos Angochagua del Plioceno) y ceniza volcánica y piroclastos (Formación Cangahua del Pleistoceno: hoja geológica Mariano Acosta 1:100000). Estos volcánicos son más potentes hacia el oeste y forman espectaculares secciones de acantilados y gargantas en los valles de los ríos.

Las litologías de los rodados de ríos reflejan las del basamento en el área local, pero las litologías exóticas, en especial los granitos, también están bien representadas en los ríos.

La quebrada Yuquín fue examinada en el puente de la carretera cerca del pueblo de Ramos Danta (hoja topográfica Mariano Acosta 1:50000). Los bloques son de redondeados a subangulares de gran tamaño (menores a 1 metro de diámetro). Las litologías encontradas incluyen granito de biotita-moscovita, leucocrático, de grano medio a grueso, a veces deformado en un esquistos granítico; esquistos semipelíticos con presencia de moscovita y granate; pegmatita granítica de grano grueso y, con menos frecuencia, esquistos verde, diorita de hornblenda, litologías volcánicas jóvenes y cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico blanco. Los esquistos muestran comúnmente fábricas miloníticas.

El río Verde fue examinado en el puente de la carretera inmediatamente al sur del pueblo de San Miguel. El curso del río en esta ubicación corre paralelo a la marcada fábrica milonítica de la roca caja expuesta, un esquistos semipelítico de color gris bandeado. La fábrica del esquistos tiene un rumbo aproximadamente hacia el norte y buza abruptamente hacia el oeste. Los bloques del río (menores a 5 metros de diámetro, la mayoría menores a 2 metros de diámetro), son bien redondeados a subangulares y comprenden esquistos semipelíticos de moscovita ± granate, de color gris-blanco medio y grano fino a grueso; granito de biotita-moscovita, leucocrático, de grano medio a grueso, a menudo cortado por vetas estrechas de aplita y pegmatita; granodiorita granular de grano medio; pegmatita granítica de grano grueso; litologías volcánicas recientes; y cuarzo de veta masivo blanco de tipo metamórfico. La litología menos común encontrada incluye anfibolita de grano fino-grueso y esquistos de clorita color verde, porfiroblásticos con manchas blancas. Las fábricas de tipo augen y miloníticas son comunes en los esquistos, y los granitos a veces tienen una estructura esquistosa débil. Se observó pirita y calcopirita como granos finos diseminados en una roca de granate-hornblenda de grano medio y también en un pórfido gris de grano fino.

El río Blanco fue examinado en el puente de la carretera en San Francisco de Sigsipamba. Los rodados (< 5 metros de diámetro) abarcan esquistos semipelíticos con moscovita y granate, variablemente deformados, de grano medio a grueso; granito feldespato-porfídico, granular, gris medio, de grano medio a grueso; lavas porfídicas y volcanoclásticos andesítico-dacíticos recientes de color gris púrpura, a veces con zeolitas blancas incoloras de grano grueso en vacuolas; roca verde porfiroblástica; pegmatita granítica de grano grueso; y cuarzo de veta masivo blanco de tipo metamórfico, a veces intercrecido con calcita o dolomita. Se observó un rodado de pegmatita de cuarzo-feldespato blanca, granular, grano medio con turmalina.

La roca caja en ambos lados del río Blanco en esta ubicación es un esquisto semipelítico muy cizallado y milonitizado. La foliación tiene rumbo N22°E y buza 73°W. A veces son visibles pliegues en Z de fuerte inmersión, que indican un sentido de cizalla dextral subhorizontal.

En el lado este del puente de la carretera, un dique de pórfido dacítico ha intruido los esquistos del basamento de forma paralela a la fábrica esquistosa.

En general, las fábricas de esquisto en toda el área examinada se sitúan a lo largo de una tendencia andina. Las fábricas esquistosas tienden a variar en su buzamiento y pueden ser moderadamente someras en algunos lugares. Sin embargo, los buzamientos son comúnmente abruptos y están fuertemente desarrollados, con fábricas miloníticas que indican un fuerte cizallamiento. Las fábricas de los esquistos también varían en intensidad, lo que indica una deformación heterogénea.

2.2 Mineralización

La mineralización encontrada en el área comprende granodiorita alterada hidrotermalmente; vetas de cuarzo masivo de tipo metamórfico; vetas frágiles y bandeadas de cuarzo-ankerita-sulfuros; y piritas y calcopirita diseminadas observadas en bloques de río. Trabajos anteriores señalaron indicios de cromo (fuchcita), plomo (galena) e hierro (hematita) (Litherland y Bermúdez, 1986).

Al sur del puente del río Mataquí (3 km al SE de Pimampiro: hoja topográfica Pimampiro escala 1:50000), una granodiorita variablemente alterada hidrotermalmente (posiblemente un apéndice del plutón de Pimampiro) está expuesta en cortes de carretera a lo largo de unos 500 metros. No se observaron sulfuros, pero la intrusión puede tener algún potencial para mineralización hidrotermal.

Más al sur y cerca de la confluencia de los ríos Blanco y Pisque, una veta de dos metros de espesor de cuarzo masivo de tipo metamórfico está expuesta dentro de una secuencia de esquistos gris-negros (grafíticos). Un análisis previo de muestras de esta veta presentó los siguientes valores: 681 ppm Pb, 533 ppm Zn y 11 ppm Ag (Misión Belga, Informe Final, 1988). Los esquistos están penetrantemente veteados por vetas y vetillas de cuarzo más estrechas (escala centimétrica), paralelas a la fábrica. Las vetas de cuarzo de este último tipo son comunes dentro de las litologías de esquisto en el área, y todos los ríos examinados contienen bloques de cuarzo de veta blanco masivo. En otras partes de la Cordillera Real, este tipo de mineralización en vetas a veces contiene oro, pero no se observaron labores de oro ni en roca dura ni en los ríos del área.

En el lado suroeste del valle del río Blanco, en un afloramiento de carretera en Loma el Guarango, vetas (de centímetros a decenas de centímetros de espesor) de cuarzo relativamente masivo y ankerita de meteorización naranja, con granos de piritas y galena, cortan un dique de granitoide granular alterado de grano medio (sericita-cuarzo). Las vetas ocupan fracturas frágiles con un rumbo aproximado de N144°E y un buzamiento de 30° oeste. Un análisis previo de muestras de este material de veta presentó los siguientes valores: 0.4% Pb, 0.14% Zn y 57 ppm Ag (Misión Belga, Informe Final, 1988). Se observaron piritas y calcopirita como granos finos diseminados en un canto rodado de pórfido gris de grano fino, ambos provenientes del río Verde.

En resumen, no se conoce ni se observa una mineralización significativa en el área examinada y, por lo tanto, se considera que el potencial mineral es bajo.

2.3 Monte Olivo y alrededores (Mapa 7a)

El pueblo de Monte Olivo (hoja topográfica Pimampiro escala 1:50000), se localiza a 9 km al este de Pimampiro. La topografía local es escarpada y comprende tierras agrícolas, así como algo de bosque montano espeso. Las altitudes en las áreas examinadas oscilan entre los 2150 metros y los 2700 metros. Monte Olivo es accesible para vehículos, pero a todas las demás áreas solo se puede llegar a pie.

La geología local es la secuencia equivalente siguiendo el rumbo a la encontrada en el área de Pimampiro (ver Pimampiro y alrededores), y está dominada por una secuencia de tendencia andina de esquistos verdes, esquistos semipelíticos y pelíticos. El área inmediatamente al este de Monte Olivo constituye el extremo sur del cinturón de pegmatitas de turmalina de Litherland et al. (1990).

Se examinaron afloramientos y exposiciones en carretera en el área junto con bloques en el río El Carmen y el río San Miguel. Se realizó una travesía desde Monte Olivo hasta aproximadamente 3 km hacia el este, la cual cruza el cinturón de pegmatitas; sin embargo, no se observaron pegmatitas en bloques sueltos ni en afloramiento. Las litologías a lo largo de la travesía estuvieron dominadas por esquistos semipelíticos de moscovita ± granate, junto con granodiorita cizallada y cuarzo de veta bastante común. Se observó un bloque de latita de biotita, cuarzo y feldespato-porfídica. El afloramiento en el río San Miguel, aproximadamente a 3 km al este de Monte Olivo, comprende un esquisto de granate-mica gris (cizallado), de grano medio, bien bandeado y foliado, con alteración sericitica de color blanco a verde en algunos puntos. Son comunes las vetas de cuarzo estrechas y paralelas a la fábrica. La fábrica del esquisto tiene un rumbo N30°E y un buzamiento de 58°W, una tendencia andina típica. El esquisto está cortado por un dique discordante, subvertical, de 1.5 m de espesor, de granodiorita de biotita-moscovita. La granodiorita es de grano medio, gris (con motas blancas y negras), y tiene una foliación pobremente desarrollada. Una fuerte tinción de óxido de hierro de color marrón-amarillo está relacionada con una veta de cuarzo masiva, discordante y deformada que contiene abundante pirita y, con menos frecuencia, granos de molibdenita con su producto de alteración amarillo en polvo característico, la ferrimolibdita. La veta es parcialmente gossanizada y tiene decenas de centímetros de espesor. Una posible extensión de la veta aflora en el lado opuesto del río.

Los bloques de río están dominados por discos de angulares a subredondeados de esquistos semipelíticos de moscovita-granate de grano medio a grueso y cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico blanco. Se observó algo de pórfido volcánico de grano fino. Más abajo en el cauce y hacia el suroeste de Monte Olivo, en la margen norte del río San Miguel, inmediatamente aguas arriba de su confluencia con la quebrada Espejo, se examinaron los bloques del río.

Los rodados de río (menores a 1 metro de diámetro) son de redondeados a angulares y comprenden una variedad de litologías que incluyen esquistos semipelíticos de moscovita-granate, bandeados de color gris-blanco, de grano medio a grueso (a veces con megacrístales de feldespatos y, en un caso, agujas de turmalina negra; granodiorita de color gris medio, de grano medio a grueso, cizallada, granular/porfídica; pegmatita cuarzo-feldespatítica de moscovita-turmalina, blanca, de grano medio; diorita y granodiorita de grano grueso, moteada de blanco y negro, deformada y no deformada, a veces xenolítica; cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico blanco, a veces con pirita; pegmatita de cuarzo-feldespatos (un ejemplo con molibdenita, otro ejemplo con calcopirita y malaquita); diorita orbicular; una roca granular de feldespatos con pirita gruesa y molibdenita; y una selección de lavas andesíticas y dacíticas porfídicas jóvenes; también está presente una roca verde porfiroblástica/porfídica deformada, pero es poco común.

La roca caja en esta ubicación comprende un esquisto semipelítico de moscovita-granate, gris, de grano medio y milonitizado. La fábrica del esquisto tiene un rumbo N20°E con un buzamiento de 60° oeste, una tendencia andina típica. El basamento está cubierto por unos 60 metros de espesor de conglomerados de terraza aluvial que contienen bloques de composición similar a los descritos anteriormente de los sedimentos activos del río.

Inmediatamente al oeste del pueblo de Monte Olivo, el río El Carmen contiene bloques de esquistos semipelíticos de moscovita-granate bandeados y esquistos augen, de color gris, grano medio a grueso; pegmatitas cuarzo-feldespatíticas blancas de grano fino a grueso, usualmente con láminas gruesas de moscovita y agujas de turmalina negra de grano medio; esquisto verde; anfíbolitas bandeadas de color verde-rosado y a veces granatíferas; brecha de microdiorita de hornblenda de grano medio, granular, verde; leucogranito granatífero, granular, de grano medio, blanco con bandas cizalladas; roca intrusiva máfica/ultramáfica granular de grano medio a grueso; una roca granular verde de grano fino con cristales euhédricos prominentes de color marrón; y cuarzo de veta masivo, de tipo metamórfico, de color gris-blanco, a veces bandado, con ankerita y a menudo con granos de pirita y, a veces, calcopirita; y varias litologías volcánicas porfídicas jóvenes.

Aproximadamente 1 km al oeste de Monte Olivo, las exposiciones de carretera de esquisto pelítico dan paso hacia el oeste a esquistos verdes. 2 km al oeste de Monte Olivo, una prominente exposición de 10 metros de ancho de esquisto verde alterado hidrotermalmente y de colores blanco-amarillo-rojo-marrón forma una característica visible con un rumbo aproximado de N20°E y buzamiento de 60°W, que desciende casi por toda la altura de la ladera norte del valle del río Escudillas. La alteración es sericitica y caolínica con colores debido a óxidos de hierro. La textura varía de foliada a masiva. No se observaron sulfuros, pero se tomó una muestra de canal para análisis. Una muestra previa de esquirlas de roca de esta ubicación presentó los siguientes valores: 471 ppm Cu, 79 ppm Pb, 144 ppm Zn y 17 ppm Ag (Misión Belga, Informe Final, 1988). Más al oeste, los esquistos verdes continúan aflorando a lo largo de la carretera hasta la quebrada Manzanal, donde aflora la granodiorita de hornblenda gruesa del plutón de Pimampiro.

2.4 Tuquer-Quebrada Yail (Mapa 7b)

Se realizó una breve excursión a esta zona para confirmar la existencia y ubicación del denominado cinturón de pegmatitas de Litherland et al. (1990). El área es generalmente escarpada, con tierras agrícolas y bosque montano. Las altitudes en las zonas visitadas oscilan entre los 2600 y los 3300 metros. Se accede al área por carretera hasta Tuquer y luego cuesta arriba casi hasta Alto Tuquer. El acceso posterior solo es posible a pie.

La geología local comprende un basamento de esquistos de moscovita-granate $\pm$ grafito y paragneis de moscovita de la subdivisión Agoyán, y pegmatitas graníticas de la subdivisión Tres Lagunas (división Loja; Litherland et al., 1990). Hacia el oeste, litologías volcánicas jóvenes se traslapan sobre las rocas del basamento.

El área fue examinada hasta un punto aproximadamente a 2.5 km al sureste de Alto Tuquer, a lo largo de las vertientes noreste del valle de la Quebrada Yail. El afloramiento es relativamente escaso, pero se encontraron esquistos verdes bien foliados que dan paso hacia el este a esquistos semipelíticos grises. El contacto entre estas litologías ocurre aproximadamente a 1.5 km al SE de Alto Tuquer. Se encontró un bloque suelto de pegmatita (tipo Monte Olivo) de grano fino a medio, granular, leucocrática, de cuarzo-feldespatos, moscovita y turmalina a unos 1.5 km al SE de Alto Tuquer. No se localizó ningún afloramiento o cantidades abundantes de bloques de esta pegmatita.

No se observaron indicios de mineralización potencialmente económica en esta zona, pero las vetas estrechas de cuarzo metamórfico blanco masivo, a menudo paralelas a la fábrica, son relativamente comunes en los esquistos del basamento.

El siguiente río prominente hacia el noreste, el Río Pisán, fue examinado inmediatamente aguas arriba de su confluencia con el Río Apaqui, aproximadamente a 1.5 km al NE de La Gruta de La Paz. Las litologías, representadas por bloques y bloques en el río, están dominadas por rocas volcánicas y volcanoclásticas recientes. Los cantos incluyen esquistos semipelíticos de moscovita-granate, discoidales y redondeados; cuarzo de veta de tipo metamórfico, blanco y masivo; y, con menor frecuencia, anfíbolita foliada de grano medio de color blanco-verdoso y diorita de hornblenda.

2.5 Chamizo Grande-Quebrada Juan Ibarra-Río Minas.

Esta zona fue visitada para confirmar la existencia y extensión del cinturón de pegmatitas tipo Monte Olivo y para examinar las ocurrencias de oro aluvial reportadas en el área (Litherland y Céleri, 1989; Litherland et al., 1990). El Río Apaqui es conocido como el Río Minas en esta zona y, por analogía con otros ríos de la Cordillera Real, puede considerarse aurífero debido a su nombre.

La topografía en el área es moderadamente escarpada, con una mezcla de tierras agrícolas, bosque montano y páramo a altitudes progresivamente mayores. Las altitudes en las zonas examinadas oscilan entre los 2700 y los 3200 metros. El clima fue variablemente húmedo o seco, pero generalmente fresco. La geología local comprende un basamento de esquistos de moscovita-granate $\pm$ grafito y paragneis de moscovita de la subdivisión Agoyán, y pegmatitas graníticas de la subdivisión Tres Lagunas (división Loja; Litherland et al., 1990). Hacia el oeste, litologías volcánicas jóvenes se traslapan sobre las rocas del basamento.

Al sur de Chamizo Grande (hoja a escala 1:50000 de San Gabriel), se examinó la Quebrada Juan Ibarra en dos localidades. En Chamizo Chico (alt. 2800 m), los bloques de río comprenden principalmente esquistos semipelíticos de color blanco grisáceo, bandeados, de moscovita $\pm$ granate. Otras litologías incluyen rocas volcánicas recientes; pegmatitas con moscovita-turmalina (tipo Monte Olivo); y granodiorita de hornblenda de grano medio. Un concentrado de batea de sedimentos fluviales, tamizado de forma gruesa y con arenas negras relativamente abundantes, no presentó oro visible, el cual había sido reportado previamente en esta ubicación (Litherland y Céleri, 1989).

Aguas arriba, la Quebrada Juan Ibarra en el cruce de la carretera (alt. 3035 m) está dominada por bloques de esquistos semipelíticos de moscovita $\pm$ granate, de grano medio, gris y bien foliado; andesita porfídica; y cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico. Se observó un bloque de pegmatita con moscovita-turmalina (tipo Monte Olivo) en el camino, pero no se vio ninguno en la quebrada.

Se siguió el sendero hacia el sur y el este a lo largo del valle de la Quebrada Atal hasta el cruce del río justo al norte de Loma Nariz del Diablo. El afloramiento a lo largo del camino es escaso, pero está dominado por esquistos semipelíticos de grano medio, color gris plateado, de moscovita (¿biotita?) y granate. Los bloques sueltos en el sendero también comprenden cuarzo de veta masivo y blanco de tipo metamórfico, relativamente común, y, con menos frecuencia, pegmatita granítica. Se observaron vetas de cuarzo paralelas a la fábrica (escala de cm) en algunos lugares dentro de los esquistos. La fábrica de lineación dentro de los esquistos es comúnmente subhorizontal.

La Quebrada Mueses fue examinada inmediatamente aguas arriba de su confluencia con el Río Minas en Chamizo Grande. Los bloques comprenden esquistos semipelíticos; rocas volcánicas recientes; y algo de cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico. Los concentrados de batea de sedimentos fluviales tamizados de forma gruesa presentaron magnetita y granate, pero no oro visible como se reportó anteriormente (Litherland y Céleri, 1989).

La margen norte del Río Minas fue examinada en Chamizo Grande, aguas abajo del puente de la carretera. Los bloques (de menos de 2 metros de diámetro) comprenden esquistos semipelíticos bandeados, de grano medio, y rocas volcánicas recientes. El cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico también se presenta como bloques discretos y vetas en los esquistos semipelíticos. La arena depositada entre los bloques exhibe capas y recubrimientos de magnetita negra. Un concentrado de batea de sedimentos tamizado de forma gruesa de la arena presentó abundante magnetita y granate, pero no oro visible como se reportó anteriormente (Litherland y Céleri, 1989).

El Río Minas fue examinado inmediatamente aguas arriba del puente de la carretera en Portal (hoja a escala 1:50000 de San Gabriel).

Los bloques están dominados por litologías volcánicas recientes de grano medio. Los bloques son predominantemente redondeados, discoidales, de esquistos semipelíticos gris de grano medio, a veces con vetillas de cuarzo masivo. Otras litologías incluyen pórfidos volcánicos recientes de color gris y verde. Un concentrado de batea de sedimentos fluviales tamizado de forma gruesa presentó abundante magnetita y granate, pero no oro visible.

El Río Minas fue examinado ca. a 2 km al ESE del pueblo de San Francisco e inmediatamente aguas arriba de su confluencia con la Quebrada Central (hoja Huaca, 1:50000).

Los bloques de río están dominados por litologías volcánicas recientes y esquistos pelíticos. Los concentrados de batea de sedimentos fluviales presentan magnetita y granate, pero no oro visible.

Se preguntó a los habitantes locales sobre el Río Minas, pero afirmaron no tener conocimiento del origen del nombre ni de labores auríferas en la zona.

2.6 Cinturón de pegmatitas - Resumen

El área examinada entre San Francisco de Sigsipamba (hoja a escala 1:50000 de Mariano Acosta) al sur, y el Río Minas (hoja a escala 1:50000 de Huaca) al norte, está dominada por esquistos semipelíticos de la subdivisión Agoyán (división Loja; Litherland et al., 1990), a lo largo de un rumbo con tendencia andina por unos 50 km. Estas rocas envuelven al denominado “cinturón de pegmatitas”, pero las observaciones de campo indican que, aunque la ocurrencia de pegmatitas de moscovita-turmalina (tipo Monte Olivo) está relativamente extendida, esta litología no es común y se observó únicamente como bloques aluviales/coluviales y nunca en afloramiento. Basándose en la observación de tales bloques en el Río El Carmen en Monte Olivo, parece probable que las “pegmatitas” representen una alteración metasomática y/o capas anómalamente ricas en boro y aluminio dentro de los esquistos semipelíticos de la subdivisión Agoyán. La presencia de otros elementos (posiblemente económicos) dentro de las pegmatitas se espera el resultado de los análisis.

2.7 Valle del Río Chingual hasta La Bonita

De oeste a este, la carretera ocupa un valle progresivamente más escarpado y profundo (Río Chingual) que constituye la frontera entre Ecuador y Colombia. La carretera varía en altitud desde los 3150 metros en Cocha Seca hasta los 1980 metros en La Bonita. El uso de la tierra también cambia de terrenos agrícolas a un denso bosque montano al avanzar hacia el este y luego hacia el sur.

Se examinaron afloramientos y bloques de río en localidades seleccionadas a lo largo de la carretera desde Julio Andrade hasta La Bonita. La carretera atraviesa hacia el este, exponiendo una sección a través de la Cordillera Real y luego hacia el sur, cruzando oblicuamente las litologías de tendencia andina. De oeste a este, las litologías del basamento comprenden esquistos de moscovita-granate $\pm$ grafito y paragneises de moscovita de la subdivisión Agoyán (división Loja; Litherland et al., 1990); granodiorita deformada y pórfido de diorita (subdivisión Azafrán); y gneis de biotita fina y hornblenda de la subdivisión Santa Bárbara (división Salado; Litherland et al., 1990). A lo largo de la carretera, y particularmente en la sección oeste-este, se encuentran comúnmente expuestas rocas piroclásticas cuaternarias y otras rocas volcánicas.

A 2.5 km al ESE del pueblo de El Carmelo (hoja topográfica a escala 1:50000 de Tulcán), y en la vertiente sur del valle del Río Pan, excavaciones poco profundas han expuesto óxidos de manganeso (wad) negros, terrosos y de textura botroidal asociados con fuentes efervescentes (CO_2) que tienen un tenue olor sulfuroso. La ocurrencia de minerales de manganeso es pequeña y poco económica, pero podrían existir otros depósitos en el área, la cual está compuesta de rocas volcánicas cuaternarias.

Se examinó el Río Minas, al este del pueblo de Cocha Seca. Los bloques (de menos de 2 metros de diámetro) comprenden esquistos semipelíticos de color gris plateado, de grano medio, de subredondeados a angulares; rocas volcánicas de pórfido de andesita-dacita de color bermellón a gris y grano medio; volcanoclásticos moderadamente gruesos; y granodiorita de hornblenda granular de grano medio. Las litologías menos comunes incluyen esquistos verde y cuarzo de veta masivo y blanco de tipo metamórfico (este último presentándose usualmente como vetas subconcordantes en los esquistos). Un concentrado de batea de sedimentos fluviales presentó magnetita moderadamente abundante, pero no oro visible.

Hacia el este, a lo largo de la carretera hacia la Quebrada Agua Clara, se encuentra comúnmente expuesta ceniza volcánica pumícea blanca.

La Quebrada Agua Clara fue examinada inmediatamente aguas arriba del puente de la carretera. Los bloques y cantos están dominados por esquistos semipelíticos de grano medio y color gris plateado; granodioritas de biotita y hornblenda de grano medio, color gris, deformadas y no deformadas; anfibolita o metabasita masiva de color verde oscuro que se asemeja a la serpentinita; y varias litologías volcánicas y volcanoclásticas recientes. También se observó una pegmatita leucocrática deformada, rica en mica, de grano medio a grueso.

Más al este, es común encontrar ceniza pumícea blanca de fuerte buzamiento en los taludes de la carretera, pero, al acercarse al Río Soche, el basamento queda expuesto y comprende esquistos de granodiorita de biotita granular/pobremente foliado, de grano fino a medio. Los bloques de río (de menos de 3 metros de diámetro) comprenden dioritas y granodioritas no deformadas y deformadas (esquistosas). Se observó algo de cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico.

Hacia el este, camino al pueblo de Santa Bárbara, los taludes de la carretera presentan ceniza pumícea blanca y, con menos frecuencia, lava máfica. Luego, la carretera sigue el valle del Río Chingual hacia el sur hasta el pueblo de La Bonita, exponiendo una secuencia de litologías de granitoides y esquistos semipelíticos más o menos deformados.

En el cruce de la carretera de la Quebrada El Oso, un afloramiento en la margen sur expone esquistos de biotita de color gris-negro, de grano medio, milonitizado y teñido de óxido de hierro marrón, con piritita diseminada de grano fino. Los esquistos albergan vetas (de decenas de cm de espesor) de cuarzo masivo blanco-grisáceo con motas y masas de piritita de grano fino a grueso.

En el área de La Providencia, una exposición de esquistos de mica de color gris, de grano fino, fuertemente milonitizada (zona de cizalla) y teñida de óxido de hierro marrón, contiene piritita diseminada y una veta paralela a la fábrica (de aproximadamente 1 cm de ancho) de piritita granular de grano fino con una aureola de alteración de color rosado. La fábrica del esquistos tiene un rumbo aproximado de N45°E con un buzamiento de 45°NW, y la fuerte fábrica de milonita está expuesta en un ancho de al menos decenas de metros a través del rumbo.

Las vetas y vetillas de cuarzo masivo, blanco, de tipo metamórfico son relativamente comunes dentro de las litologías de esquistos expuestas a lo largo de esta sección de la carretera del Río Chingual entre Santa Bárbara y La Bonita.

2.8 La Bonita-Rosa Florida (Mapa 7d)

Rosa Florida se encuentra a 7 km al sur del pueblo de La Bonita. La topografía local es muy escarpada y la vegetación está dominada por un denso bosque montano. Las altitudes en el área recorrida oscilan entre los 1200 m y los 2200 m.

El acceso solo es posible a pie o a caballo (4 horas y media de ida) a lo largo de un sendero sinuoso de calidad muy variable. El clima varió de fresco a cálido, y de seco a muy húmedo.

La geología local comprende granodiorita deformada (plutón de La Bonita), y sienita/monzonita de cuarzo (plutón de Rosa Florida), de la subdivisión Abitagua (división Zamora; Litherland et al., 1990), y volcánicos continentales deformados de la subdivisión Misahuallí (división Zamora).

Las litologías encontradas durante la travesía hacia el sur desde La Bonita incluyen granodiorita de grano medio a grueso, de poco deformada a no deformada, cortada en algunos lugares por vetas de aplita y pegmatita; esquistos de colores gris, verde y beige y, cerca de Rosa Florida, granodiorita de grano medio a grueso.

Se examinaron bloques de río en la Quebrada La Industria, unos 100 metros aguas arriba del puente del sendero.

Las rocas de caja en esta localidad comprenden granodiorita de hornblenda de grano medio a grueso, xenolítica (diorita angular de grano fino). Los xenolitos (de menos de decenas de cm de ancho) son ubicuos. Son comunes las fracturas estrechas o vetillas con bordes de alteración rosada, junto con vetas de epidota. También se observó pirita diseminada de grano fino.

Los bloques de río (de menos de 5 m de ancho) son usualmente angulares y están dominados por granodiorita, así como sedimentos o tobas de grano muy fino, finamente bandeados (escala de milímetros a centímetros), corneanizados (hornfelsed), de color blanco grisáceo. Los colores de esta última litología varían en tonalidades de verde, marrón y beige. La pirita diseminada se concentra en algunas capas sedimentarias. Otras litologías incluyen granodiorita epidotizada, de subporfídica a porfídica; sedimentos o tobas bandeados epidotizados; y micropórfido de andesita gris de grano fino. Vetillas estrechas de sílice calcedónica de color blanco a gris cortan a veces los sedimentos. El sedimento de corriente tamizado de forma gruesa presentó poco concentrado de minerales pesados, pero no oro visible.

Los bloques de río en el cercano Río Palmas, hacia el norte, comprenden principalmente granodiorita de grano medio y sedimento o esquistos corneanizados gris de grano fino. No se observaron sedimentos bandeados como los encontrados en la Quebrada La Industria.

2.9 La Bonita - La Sofía (Mapa 7d)

El pueblo de La Sofía se encuentra aproximadamente a 16.5 km al SE del pueblo de La Bonita. La topografía local es escarpada y la vegetación está dominada por un denso bosque montano. Las altitudes en las áreas recorridas y examinadas oscilan entre los 1100 metros y los 2450 metros. El acceso solo es posible a pie o a caballo a lo largo de un sendero generalmente bien mantenido. El clima varió de fresco a cálido y de muy seco a muy húmedo.

La geología local comprende granodiorita deformada (plutón de La Bonita), de la subdivisión Abitagua (división Zamora), volcánicos continentales deformados de la subdivisión Misahuallí (división Zamora), y granito Condué de la subdivisión Azafrán (división Salado; Litherland et al., 1990).

Las litologías encontradas durante la travesía de La Bonita a La Sofía incluyen granodiorita de grano medio a grueso, deformada (a veces milonitizada a esquisto de sericita); esquistos grises y verdes; y cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico, a veces con pirita de grano fino. Hacia La Sofía, las quebradas que drenan las montañas hacia el este contienen bloques de sedimentos bandeados de grano fino, teñidos de óxido de hierro marrón. Las rocas de caja en esta área son granodioritas no deformadas de grano medio a grueso, cortadas en algunos lugares por diques intrusivos máficos estrechos y vetas de aplita.

Se examinaron bloques de río y afloramientos en varias localidades:

El Río Cofanes fue examinado a lo largo de su margen este, aguas abajo de su confluencia con los ríos Condué y Laurel. La roca de caja comprende granodiorita de biotita, granular, homogénea, masiva, de color blanco grisáceo y de grano medio a grueso. Un sistema de fracturas prominente tiene un rumbo aproximado de N107°E con un buzamiento de 80°N. Los bloques de río (de menos de varios metros de diámetro) están dominados por granodiorita similar al afloramiento local, que a menudo contiene xenolitos redondeados a angulares (de cm a decenas de centímetros de ancho) de pórfido o esquisto de color gris verdoso. A veces se observa una débil fábrica esquistosa o una lineación de flujo de cristales y xenolitos. Otra litología común en los bloques son sedimentos finamente estratificados, de grano fino y colores gris-blanco-negro. El bandeamiento varía desde una escala submilimétrica hasta el metro. Los sedimentos comprenden una alternancia de cuarcita y lodolita negra que a menudo exhiben pliegues apretados y capas de lodolita en boudinage. Éstas son posiblemente estructuras sinsedimentarias y/o de litificación. Los sedimentos son probablemente turbiditas. Comúnmente se observan vetillas estrechas (de 2 a 3 mm de ancho) de cuarzo de fallas de tensión (*gash*). Los sedimentos están endurecidos (¿corneanizados?) y comúnmente se presentan como bloques irregulares, estratificados y con meteorización cavernosa. Esta litología suele estar teñida por óxido de hierro y contiene pirita diseminada y, posiblemente, calcopirita y pirrotina. Otras litologías de bloques incluyen una brecha de origen volcanoclástico o sedimentario, de matriz soportada, endurecida o silicificada, de color gris claro a medio. Se observaron vetas estrechas (de menos de 1 cm de ancho), bandeadas, de calcedonia cortando esta litología: granodiorita de hornblenda granular de grano grueso; esquisto de color gris verdoso claro, semigranular, de grano medio a grueso; y calcita masiva de color blanco puro dentro de calcita bandeadas sucia (¿textura de tipo algal o caliche?).

Se tomó un concentrado de batea de sedimentos fluviales en la margen este del Río Cofanes, inmediatamente aguas abajo de su confluencia con los ríos Condué y Laurel. El concentrado contiene magnetita, granate y epidota, pero no oro visible.

Se examinó la Quebrada Chisparozza aguas arriba de su confluencia con el Río Cofanes. Los bloques de río (de menos de 2 metros de diámetro) comprenden granodiorita granular y no deformada de grano medio a grueso; esquisto de mica gris de grano medio, a veces silicificado con bandas epidóticas verdes; y sedimentos de grano fino, bandeados, de color blanco grisáceo. Las litologías menos comunes incluyen esquistos verdes (¿metavolcánicas?); esquisto de sericita blanca de grano fino; y una variedad de esquistos miloníticos/augen, algunos con texturas porfídicas y otros con piritas diseminadas. Se observaron bloques poco comunes de cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico. La epidota es muy común en las litologías mencionadas.

Se tomaron concentrados de batea en dos localidades de la Quebrada Chisparozza. La magnetita negra es bastante abundante, pero no hubo oro visible.

Al sur de La Sofía, se examinaron bloques y afloramientos principalmente en quebradas y en el Río Cofanes.

En la Quebrada Licamancha, se observaron bloques y cantos de granodiorita de biotita gris, granular, de grano medio a grueso, junto con esquisto de mica de grano fino y color gris plateado con granates. También se observó cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico. Un concentrado de batea de sedimentos fluviales de la quebrada presentó únicamente arena negra y granates rojos. No se notó oro visible.

En la Quebrada Guagual, la roca de caja comprende un esquisto (metagranodiorita) espectacularmente cizallado e interbandeado, de color blanco grisáceo, foliado y de grano medio, y un esquisto metabásico de grano fino, color verde oscuro y a veces porfídico. El bandeamiento es repetitivo en algunos lugares y las bandas varían desde centímetros hasta aproximadamente 0.5 metros de ancho. La fábrica de cizalla tiene un rumbo de N84°E con un buzamiento aproximadamente vertical, una tendencia perpendicular a la tendencia andina, y la zona de cizalla tiene al menos decenas de metros de ancho. En algunos lugares, se observó cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico. Los bloques de río incluyen granodioritas xenolíticas, granulares, tanto cizalladas como no deformadas, de grano medio a grueso. Los xenolitos son de color gris oscuro, de redondeados a subangulares, granulares y de textura feldespato-fírica. Otras litologías incluyen sedimentos bandeados de color blanco grisáceo y grano fino. Los sedimentos están endurecidos y algunos están teñidos de óxido de hierro marrón con piritas diseminadas visibles en superficies frescas. La epidota es bastante común como bordes de vetas y recubrimientos de fracturas. Un concentrado de batea de sedimentos fluviales presentó arena negra, pero no oro visible.

En la margen este del Río Cofanes, justo aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Guagual, la roca de caja comprende una granodiorita cizallada, de color gris y grano medio. Las tendencias de las fracturas son N48°E con buzamiento de 32°SE (dominante), y N93°E con buzamiento de 75°N. La fábrica de cizalla, las lineaciones minerales y los diques intrusivos de basalto siguen esta última tendencia. Se tomaron concentrados de batea de sedimentos fluviales en depresiones formadas por la fractura en bloques de las rocas de caja en esta localidad. Las rocas estaban cubiertas de musgo, lo que ayudaba a atrapar el sedimento. Los concentrados de batea contienen magnetita muy abundante con granate y epidota. Se observaron varios granos de oro visible.

En la margen occidental del Río Cofanes en esta localidad, los bloques de río comprenden granodiorita no deformada y, con menos frecuencia, deformada; esquistos de mica gris; sedimentos de color blanco grisáceo, bandeados y de grano fino; algo de roca verde o anfibolita teñida de óxido de hierro marrón; pegmatita de hornblenda; y cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico. Se observó un bloque de esquisto cuarzofeldespático de moscovita (¿biotita?), de color gris rosado, grano medio y pobremente foliado, con motas de pirita de grano fino y, posiblemente, calcopirita. Un concentrado de batea de sedimentos fluviales de esta localidad presentó abundante arena negra y dos granos de oro visible.

Los habitantes locales afirman que hasta treinta mineros lavan oro en el Río Cofanes, principalmente en sitios aguas abajo del Río Chalaes. Se obtuvo una pequeña muestra de este oro aluvial, el cual es de color amarillo intenso y forma discos, gránulos y varillas irregulares a redondeados, de grano fino a medio, con superficies toscamente picadas. Se dice que se han encontrado pepitas de 30 g de peso. Un minero local también tenía muestras de material de veta rico en sulfuros. Se obtuvo una muestra que consistía en cuarzo lechoso blanco masivo y dolomita o ankerita de color crema, con pirita gruesa, calcopirita y esfalerita, y una sulfosal (de cobre) metálica de color gris púrpura. Se observó material similar con covelina verde teñida de malaquita y un mineral metálico laminar de color gris mate, posiblemente calcosina.

Una característica curiosa del área La Bonita-La Sofía es la ocurrencia de estructuras con tendencia tanto andina como no andina. Estas últimas estructuras, representadas por foliación, lineaciones minerales, fracturas frágiles, y orientaciones de vetas y diques, tienen una tendencia entre N84°E y N110°E y un buzamiento que va desde la vertical hasta 75° norte. Esta orientación no ha sido reconocida previamente y debería ser investigada más a fondo.

En resumen, el Río Cofanes es trabajado para obtener oro aluvial. Los bloques de río mineralizados en el área de La Sofía comprenden esquistos y sedimentos bandeados y corneanizados (hornfelsed) ricos en sulfuros; cuarzo de veta polimetálico rico en sulfuros; y vetas de cuarzo masivo de tipo metamórfico. No se conoce la fuente del oro aluvial, pero puede estar relacionada con las litologías mineralizadas con sulfuros observadas. La amplia ocurrencia de sedimentos bandeados endurecidos/corneanizados y mineralizados con sulfuros en el área, y hacia el este en el área de Rosa Florida, indica la probable existencia de un techo colgante sedimentario sobre la granodiorita (La Bonita) y ubicado a lo largo de la cresta intermedia. Esta situación es similar al entorno geológico en el batolito de Zamora (Litherland et al., 1990) y el área debería ser investigada por potencial mineralización relacionada con skarn.

3. POTENCIAL MINERAL Y METALOGÉNESIS

La mineralización encontrada durante este viaje de campo puede clasificarse de la siguiente manera:

- i)** Vetillas de cuarzo ($\pm$ carbonato $\pm$ pirita $\pm$ calcopirita $\pm$ esfalerita $\pm$ sulfosales $\pm$ galena $\pm$ molibdenita $\pm$ ¿oro?) alojadas en zonas de cizalla mesotermiales
- ii)** Pirita diseminada y en vetillas en milonita.
- iii)** Pirita $\pm$ calcopirita diseminada en una variedad de tipos de rocas, incluyendo pórfidos, granodiorita, esquisto, roca de granate-hornblenda y vetas de cuarzo-feldespatos o pegmatita.
- iv)** Pirita $\pm$ calcopirita diseminada en rocas sedimentarias epidotizadas y corneanizadas.
- v)** Óxido de manganeso negro terroso asociado con manantiales de agua carbonatada.
- vi)** Oro aluvial en sedimentos de ríos activos.

Vetas y vetillas masivas de cuarzo blanco de tipo metamórfico son bastante comunes dentro de las litologías de esquistos, dominadas por esquistos semipelíticos, en la parte norte de la Cordillera Real. Las vetas de cuarzo están a veces asociadas con minerales de sulfuro; por ejemplo, en el área de Monte Olivo se presenta molibdenita en dichas vetas y en bloques de río de composición similar, así como en litologías intrusivas félsicas. También se ha reportado mineralización de molibdenita en el valle del Río Chingual (Litherland y Bermúdez, 1986b). La presencia de molibdenita en la parte norte de la Cordillera Real no es sorprendente dada la amplia ocurrencia de intrusiones granitoides y esquistos semipelíticos. No obstante, no se observaron indicios significativos de interés potencialmente económico.

Otros sulfuros asociados con el cuarzo de vena masiva incluyen pirita, sulfosales grises de cobre, esfalerita y galena. Los minerales de ganga también incluyen carbonatos de dolomita-ankerita. La mineralización de vetas de este tipo a menudo conlleva valores de metales preciosos, pero los afloramientos encontrados durante el presente estudio se consideran insignificantes, excepto, quizás, en el valle del Río Cofanes, donde el oro aluvial se ha extraído tradicionalmente y donde se han observado muestras de vetas ricas en sulfuros (cobre-zinc).

En general, el potencial económico de este tipo de mineralización se considera bajo.

Se observó pirita diseminada y en vetillas en esquistos miloníticos, especialmente en el valle del Río Chingual. El valor de esta mineralización espera resultados analíticos, pero el potencial económico se considera bajo en esta etapa.

La pirita diseminada y, con menos frecuencia, la calcopirita se encuentran en una variedad de tipos de rocas que incluyen pórfidos volcánicos recientes, granodioritas y dioritas, esquisto verde y esquistos micáceos semipelíticos y, en un ejemplo, una roca de granate-hornblenda. En la mayoría de los casos, estas litologías se encontraron como bloques de río, lo que requeriría una mayor exploración para delinear la fuente y el potencial económico de estas manifestaciones minerales.

Se observó pirita y calcopirita diseminada en bloques de sedimentos corneanizados en áreas al sur de La Bonita. La ocurrencia geográfica de estos bloques se interpreta como una indicación de la presencia de un techo colgante de rocas sedimentarias mineralizadas y corneanizadas, probablemente ubicado a lo largo de la divisoria entre los ríos Cofanes y Chingual. Las muestras de las litologías mineralizadas aún no han sido analizadas, pero es probable que exista un potencial de tonelaje significativo en la fuente. El entorno geológico en esta área es similar al del techo colgante mineralizado del batolito de Zamora, por ejemplo, Nambija, etc., y la presencia de oro aluvial en el río Cofanes y sus tributarios es un indicio alentador del potencial de mineralización en roca dura. El potencial económico de esta área se considera bueno.

Se sabe que se extrae oro aluvial de los sedimentos activos del río Cofanes, pero la falta de terrazas extensas en el área impide cualquier explotación que no sea de tipo artesanal.

La mineralización de manganeso en el área del río Pun se considera únicamente como una curiosidad mineralógica, a menos que se puedan localizar mayores tonelajes de material manganífero.

4. REFERENCIAS

LITHERLAND, M. AND BERMÚDEZ, R. (1986A) Proyecto Cordillera Real. Mapa geológico Estructural Ibarra-Pimampiro-Monte Olivo. (No. 3) INEMIN, Misión Británica.

LITHERLAND, M. AND BERMÚDEZ, R. (1986B) Mapa Geológico estructural El Playón-La Bonita (No. 1). INEMIN-Misión Británica.

LITHERLAND, M., AND CÉLLERI, M. (1989) Mapas geológicos del sector Chamizo Grande y del corte Monte Olivo-Río Condué (No. 26) Mapa 1 sector de Chamizo Grande. INEMIN

LITHERLAND ET AL. (1990) La geología y potencial mineral de la Cordillera Real, Ecuador. Misión Británica.

MISIÓN BELGA (AGCD-ABOS)-INEMIN (1988) Proyecto desarrollo del sector minero en el Ecuador. Inventario, clasificación y metalogenia de las mineralizaciones polimetálicas en el Ecuador. Informe Final.

Mapas geológicos (escala 1:100000) Mariano Acosta; San Gabriel.

Mapas topográficos (escala 1:50000) Mariano Acosta; Pimampiro; San Gabriel; Huaca; Tulcán; La Bonita; Río Cofanes. I.G.M.

Dr. Richard Jemielita

No. 2903

QUITO, 1992

PARA : DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO-MINERA

DE : DR. RICHARD JEMIELITA y EGDO. JOHN BOLAÑOS

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión a las áreas de Río Palora-Tiririco-Río Benado-Río Sangay-Río Llushín del 07 al 18 de julio

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto geológico Cordillera Real, de Cooperación técnica entre los Gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, en su Tercera Fase contempla el subproyecto Potencial Económico de la Cordillera Real. Por este motivo se llevó a cabo la comisión de servicios 07 al 18 de julio de 1992 con el fin de continuar los trabajos geológico-mineralógicos y estudios de los afloramientos de las áreas de interés de la Cordillera Central de los Andes.

1.2 Objetivo

Continuar con los trabajos de investigación geo-mineralógico y evaluación minera en la franja que comprende la Cordillera Real de los Andes para poder determinar en el futuro su potencial económico encaminado al desarrollo minero nacional.

1.3 Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo integrada por:

Dr. Richard Jemielita (ODA/BGS)

Egdo. Johnson Bolaños (CODIGEM)

Sr. José López (CODIGEM)

1.4 Medio de transporte

Jeep Land Rover placa AT-0274 de la Misión Británica.

1.5 Detalle de actividades

Mes	Día	Travesía
Julio	07	
	08	
	09	
	10	
	11	
	12-13	Área Río Palora - Río Benado - Río Sangay
	14	Área Río Sangay - Río Palora
	15	Río Palora - Loma Tiririco
	16	Loma Tiririco - Palora
	17	Palora - Río Llushin
	18	Río Llushin - Quito

1.6 Acceso

Es importante destacar que la mayor parte del área estudiada es accesible únicamente a pie o usando acémilas, tal es el caso de Palora-Tiririco donde hubo que caminar e inclusive viajar en canoa para tener acceso al área del Río Llushín. No fue necesario usar doble transmisión en el vehículo, puesto que el mismo transitó por caminos de primer y segundo orden, mantenidos de manera regular.

2. GEOLOGÍA

2.1 Río Palora (Mapa 5a)

El área examinada constituye el tramo inferior del río Palora entre sus tributarios, el río Bermejo al oeste y el río Sangay al este. La zona se ubica a unos 30 km al suroeste del pueblo de Palora y es accesible por una carretera de tierra hasta El Carmen, luego por un sendero peatonal (pavimentado con troncos) hasta Tiririco y después por una pista forestal accidentada hasta el río Palora. Las altitudes oscilan entre los 1300 y los 1900 metros, y la topografía varía de nivelada a muy escarpada. El uso del suelo comprende tierras agrícolas en el este y terrenos escarpados densamente boscosos en el oeste.

La geología local comprende sedimentos cuaternarios en las cercanías de Palora, que dan paso sucesivamente hacia el oeste a areniscas y lutitas de la Formación Tena, cuarcitas de la Formación Hollín, calizas negras y lutitas de la Formación Napo y, finalmente, rocas verdes andesíticas, volcanoclásticos y metasedimentos de los esquistos de la subdivisión Upano (división Salado; Litherland et al., 1990). El afloramiento es muy escaso, excepto a lo largo de las márgenes de los ríos y, ocasionalmente, en senderos empinados.

Durante la travesía a pie desde El Carmen hasta el río Palora se observaron algunos afloramientos de brechas sedimentarias o conglomerados. Estos sedimentos son de grano fino a medio con una matriz arcillosa de grano fino y tienden a ser de color blanco grisáceo a marrón rojizo. Hacia el oeste, se observaron lodolitas o lutitas bien estratificadas, de color blanco grisáceo y grano fino y, en las laderas de Tiririco, se presenta material suelto (float) de esquisto micáceo de color verde blanco plateado. Desde la cresta de la cumbre de Tiririco, las vistas hacia los ríos Sangay y Palora muestran terrazas sorprendentes que ocupan valles anchos. Las terrazas han sido incididas por los cursos actuales de los ríos, los cuales ocupan anchuras más estrechas.

Se estableció un campamento en la margen norte del río Palora a unos 3 km aguas arriba de su confluencia con el río Sangay. Se examinaron bloques de río y afloramientos en las proximidades del campamento y aguas arriba hasta un punto situado a unos 1.5 km al este (aguas abajo) del río Benado. Se realizó el lavado de sedimentos fluviales en varias localidades.

En general, el afloramiento a lo largo del río Palora comprende una brecha fragmentaria angular, soportada por matriz, de color marrón granate. Esta litología a menudo aflora como paredes verticales de cañón de hasta varias decenas de metros de altura. En algunos lugares, el afloramiento comprende una arenisca gruesa con raros clastos angulares. Los clastos son en su mayoría litologías volcánicas homogéneas de grano fino a medio, y se observó un bloque grande de pórfido de hornblenda. Se observó una débil lineación de clastos subhorizontal y una banda estrecha (de escala centimétrica) de lodo gris de grano fino. Se considera que la litología de la brecha es un lahar o un depósito de flujo de lodo volcánico/sedimentario.

El lahar suele estar recubierto por una grava aluvial mal consolidada y mal seleccionada que comprende bloques bien redondeados en una matriz de guijarros, gravilla y arena gruesa. Este depósito está soportado por clastos y presenta una estratificación débil en algunos puntos. Los bloques son predominantemente granodioritas, granitoides y esquistos semipelíticos. Se observaron algunos bloques volcánicos recientes. El aluvión fue examinado en varias localidades a lo largo de la margen norte del río Palora entre sus tributarios, el río Benado al oeste y el río Sangay al este. El aluvión tiene normalmente de dos a cuatro metros de espesor, pero puede ser más grueso en algunos lugares. Se obtuvo oro mediante lavado en las capas inferiores del aluvión, especialmente cerca del contacto con las brechas de lahar subyacentes. El aluvión parece ser bastante rico y produjo unas 10 chispas por batea. El oro aluvial examinado procedía de tres localidades. El oro es de grano medio a fino (menor a 3 mm de ancho) y de color amarillo intenso. Los granos son comúnmente aplanados, redondeados, irregulares y láminas alargadas. Las superficies se caracterizan por una picadura de fina a media. Las muestras examinadas pueden no ser estadísticamente representativas del oro producido durante la minería aluvial, cuando se puede recuperar oro más grueso. El guía mencionó que el oro se lavaba del aluvión mal consolidado, especialmente de las capas inferiores, así como de los sedimentos activos del río. Esta sección del río Palora es la más productiva y se dice que sustenta a unos sesenta mineros en el pico de la temporada minera. Se decía que una producción normal era de hasta 5 g/día de oro por hombre. No había mineros trabajando al momento de la visita, pero previamente se han observado operaciones de oro aluvial en la zona (Aspden y Saltos, 1989), y el río está clasificado como aurífero (Pillajo y Báez, 1983).

El sedimento fluvial activo en el área comprende bloques de bien redondeados a subangulares (menores a 4 metros de diámetro), guijarros, gravilla y arena. Los bloques comprenden una variedad de litologías dominadas por granodioritas granulares de grano medio; volcánicos andesíticos recientes, de grano fino a medio, granulares a porfídicos; esquistos de mica $\pm$ granate de grano medio y grises (semipelíticos); rocas sedimentarias bandeadas, endurecidas (¿silicificadas?) y no endurecidas, de color negro grisáceo y grano fino (¿Formación Napo?); esquistos de grano fino, gris-negro (pelíticos); granitoides cizallados de grano medio a grueso; volcánicos de color gris, grano fino, fuertemente teñidos por óxido de hierro marrón con piritita diseminada; y cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico blanco, a veces con piritita de grano fino en oquedades (vugs), y a menudo con inclusiones de esquistos grises o verdes o clorita. Las litologías de bloques menos comunes incluyen esquistos verdes y anfibolitas de grano fino a medio y a veces epidotizados; granito de tipo Tres Lagunas con presencia de cuarzo azul (ver Litherland et al., 1990); y esquistos de sericita blanco puro de grano fino. Se observó un bloque de pegmatita granítica con presencia de turmalina, de grano medio a grueso. Este sedimento aluvial activo es aurífero.

En resumen, el área del río Palora examinada tiene un basamento de lahar volcanoclástico reciente (probablemente Pleistoceno-Holoceno) recubierto por un manto de aluvión de bloques polimícticos auríferos y mal consolidados. Estas litologías parecen rellenar los valles de fondo plano (aterrazados) de los ríos Palora y Sangay. Las terrazas han sido incididas por el río Palora y sus tributarios, y el aluvión fluvial activo también es aurífero. El basamento de lahar probablemente deriva del volcán activo Sangay o, posiblemente, del volcán anteriormente activo El Altar al suroeste y oeste, respectivamente. Los depósitos de terrazas aluviales y el aluvión fluvial activo derivan de fuentes mixtas de granitoides batolíticos, rocas metamórficas semipelíticas, pelíticas y esquistos verdes, y rocas sedimentarias bentónicas. El oro aluvial probablemente deriva de vetas de cuarzo alojadas en zonas de cizalla mesotermiales en el traspaís (*hinterland*) batolítico-metamórfico hacia el oeste (Cordillera Real).

2.2 Río Llushín (Mapa 8b)

El río Llushín es un río importante que drena hacia el este desde la Cordillera Real y se localiza al ESE del volcán Tungurahua. Los tramos superiores del río son extremadamente inaccesibles y el río solo fue examinado entre su confluencia con el río Pastaza hasta unos 3 km hacia el oeste. Esta parte del río es aurífera (Pillajo y Báez, 1983) y es explotada estacionalmente por mineros artesanales. El área es accesible por una carretera de tierra desde el pueblo de Palora hasta la margen sur del río Llushín, inmediatamente aguas arriba (oeste) de su confluencia con el río Pastaza. El acceso adicional hacia el oeste y aguas arriba en el Llushín se realiza mediante canoa motorizada o por sendero peatonal. El uso del suelo en la zona es una mezcla de agricultura y bosque denso.

La geología comprende un basamento de areniscas y conglomerados con guijarros de cuarzo (Formación Arajuno), cerca de la confluencia del río Llushín y el río Pastaza. Aproximadamente 2 km al oeste de esta confluencia y hacia el occidente, afloran areniscas rojas y púrpuras, lutitas y conglomerados de la Formación Tena (mapa geológico de Ecuador 1:1 millón 1982; Litherland et al., 1990). Más al oeste y hasta la divisoria de aguas de la Cordillera Real, se presentan litologías de la subdivisión Upano (esquistos verdes y metasedimentos), las Formaciones Hollín, Napo y Tena (cuarcitas; lutitas negras, calizas y areniscas menores; areniscas rojas y púrpuras, lutitas y conglomerados respectivamente), y la subdivisión Azafrán (principalmente granodioritas-dioritas plutónicas) (Litherland et al., 1990).

Los depósitos de lahar andesítico, como los observados en el valle del río Palora (ver arriba) y el valle del río Llushín (ver abajo), no han sido detallados previamente, pero pueden estar incluidos dentro de los antiguos depósitos de terrazas aluviales (Pleistoceno) mostrados, por ejemplo, flanqueando el río Llushín (mapa geológico escala 1:100000 de Baños).

En el punto de embarque en la margen sur del río Llushín, el afloramiento comprende una brecha andesítica (lahar) de color púrpura-marrón, mal seleccionada, soportada por matriz y de fragmentos volcánicos angulares (fragmentos < 1 metro de ancho). Aguas arriba, y hacia el oeste, los depósitos aluviales de terraza están ampliamente expuestos a lo largo del río y comprenden bloques bien redondeados (< varios metros de diámetro, la mayoría < 1 metro de diámetro) de una roca masiva y homogénea de color gris-negro; esquistos micáceos gris-negros; granitoides; esquistos verdes, a veces epidotizados; y cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico. Las litologías volcánicas recientes también están representadas, pero son menos comunes. Se reporta que el aluvión de terraza es trabajado por oro en algunos lugares, pero solo se visitó una localidad donde un único minero estaba preparando el sitio.

Aproximadamente 2 km al oeste de la confluencia del río Llushín y el río Pastaza, el primero corre a través de un cañón flanqueado por afloramientos de arenisca de grano fino y limolita de color bermellón, probablemente pertenecientes a la Formación Tena del Cretácico (mapa geológico escala 1:100000 de Baños). Inmediatamente al este de la confluencia de los ríos Llushín Grande y Llushín Chico, las areniscas y limolitas de color bermellón están interestratificadas o subyacidas por una grava de bloques de cuarzo (< decenas de cm de diámetro), relativamente gruesa y soportada por clastos. Los bloques de cuarzo están compuestos de cuarzo de veta masivo, blanco, de tipo metamórfico. El conglomerado está bien cementado en algunos lugares, pero es friable en otros y presenta una estratificación débil. En ciertos puntos, el cemento está compuesto por una calcedonia de color blanco y baja densidad, a veces con espejos de falla (*slickensides*). Esta matriz podría representar una silicificación post-deposicional a lo largo de fallas. Algunos fragmentos angulares discretos de sílice opalina o calcedónica marrón también se presentan como clastos en el conglomerado de guijarros de cuarzo.

Se tomó un concentrado de batea de sedimentos de un área friable y soportada por matriz dentro del conglomerado de guijarros de cuarzo-limo de color bermellón. La arena negra (magnetita) es común junto con granos muy finos de oro. Este tipo de conglomerado deriva de la meteorización de un terreno de basamento con cuarzo de veta relativamente resistente, y estas últimas vetas podrían ser la fuente del oro en los conglomerados. La Formación Tena está clasificada como aurífera (Pillajo y Báez, 1983).

Las playas de aluvión activo comprenden desde bloques (menores a 2 metros de diámetro) hasta arena gruesa compuesta de volcánicos andesíticos de grano fino, homogéneos a porfídicos, a veces vesiculares, de colores gris, rojo, verde y beige; roca de color gris de grano fino a medio y esquisto semipelítico que a menudo exhibe vetas de cuarzo de tipo metamórfico blanco masivo de tipo frágil-dúctil (escala centimétrica); granodioritas y granitos granulares de grano medio a grueso; y roca volcánica de color gris-verde, de grano fino, teñida por óxido de hierro marrón con pirita diseminada. En las cercanías del afloramiento de los sedimentos de la Formación Tena, se presentan limolitas y areniscas de color bermellón a púrpura en forma de guijarros, pero estos no parecen resistir aguas abajo debido a su naturaleza friable. Los bloques y guijarros de cuarzo de veta de tipo metamórfico blanco masivo son comunes y se observó un ejemplo que contenía ampollas (*blebs*) gruesas de calcopirita. Se notaron vetas de anquerita con meteorización característica de color marrón naranja y halos de alteración asociados con cuarzo de veta en esquistos micáceos y rocas de color gris-negro.

El oro aluvial fue examinado en una ubicación a unos 2 km aguas arriba de la confluencia del río Llushín Grande y el río Llushín Chico, en este último río. El oro se extrae de playas de grava de bloques aluviales activos. El oro comprende granos desde bastante gruesos (menores a 1 cm de largo) hasta finos. Solo se examinaron unos pocos granos y es posible que exista oro más grueso. Los granos son de color amarillo intenso y tienen superficies finamente picadas marcadas por abolladuras y fracturas muy gruesas. Los granos son generalmente equigranulares a alargados y aplanados, pero los granos más grandes son bastante gruesos. Los granos comprenden tanto pepitas redondeadas a irregulares como láminas planas. No se observaron recubrimientos superficiales. Se observó una mancha amalgamada de color plateado en un grano, lo que indica que el mercurio ha sido, o está siendo, utilizado para recuperar oro fino en el río.

Los mineros afirman que el oro se obtiene tanto del río Llushín Grande como del Chico, pero que el oro es generalmente más grueso en el primer río.

La composición de los bloques y guijarros de las playas en el río Llushín indica una fuente mixta similar (plutónica-metamórfica-volcánica-sedimentaria) a la sugerida para el río Palora (ver arriba). La presencia común de cuarzo de veta de tipo metamórfico blanco masivo se considera de igual manera como una probable fuente primaria para el oro aluvial encontrado en el área.

3. POTENCIAL MINERAL Y METALOGÉNESIS

La mineralización observada durante el estudio de los ríos Palora y Llushín puede clasificarse de la siguiente manera:

- i)** Pirita diseminada en bloques de roca volcánica de grano fino con manchas de óxido de hierro.
- ii)** Pirita y calcopirita en forma de diseminaciones, masas y vetillas dentro de cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico.
- iii)** Conglomerados de bloques y gravas aluviales auríferos, por ejemplo.
 - a)** Conglomerados de guijarros de cuarzo de veta dentro de areniscas rojas y limolitas (Formación Tena).
 - b)** Gravas de bloques polimícticos en terrazas.
 - c)** Gravas de bloques aluviales polimícticos activos.

Bloques de lava volcánica homogénea, de color gris verde y grano fino, fuertemente teñidos por óxido de hierro marrón con pirita diseminada, se presentan comúnmente en las gravas de bloques aluviales polimícticos activos que conforman las playas de los ríos Palora y Llushín. La presencia común de esta litología mineralizada indica una fuente sustancial hacia el oeste de las áreas visitadas y, si las muestras indican un potencial económico (análisis), entonces esta fuente debería ser investigada.

El cuarzo de veta masivo de tipo metamórfico se presenta comúnmente como bloques discretos y como vetas dentro de bloques de otras litologías. El cuarzo de veta a veces contiene pirita y/o calcopirita y, en ocasiones, está asociado con carbonato grueso y alteración de anquerita de color marrón naranja (oxidada). Estas características son propias de vetas de cuarzo alojadas en zonas de cizalla mesotermiales, un tipo de mineralización a menudo asociado con depósitos de oro. Esta litología se presenta tanto en el río Palora como en el río Llushín, dentro de los sedimentos del basamento (¿conglomerados de la Formación Tena? expuestos en el río Llushín), y tanto en las gravas de bloques polimícticos de terraza como en las aluviales activas. La presencia de cuarzo de veta masivo junto con litologías metamórficas y granitoides refleja la naturaleza metamórfico-plutónica del basamento expuesto al oeste en la Cordillera Real, donde podría ocurrir una mineralización de vetas significativa. La naturaleza extremadamente inaccesible del área fuente, junto con la dificultad de explorar objetivos de vetas en el bosque de montaña, significa que las vetas fuente tienen un potencial económico dudoso. Esto se ve agravado por el hecho de que gran parte del área es el designado Parque Nacional Sangay.

El oro es trabajado por mineros artesanales en las gravas de bloques de terraza y aluviales activas en los ríos Palora y Llushín y algunos de sus tributarios. Las gravas de terraza, en particular, podrían tener un potencial de tonelaje sustancial para una operación de oro aluvial, pero se requeriría una exploración y un muestreo considerables. Es poco probable que se otorgue una licencia de explotación porque gran parte del área se encuentra dentro de un parque nacional designado.

Las gravas de guijarros de cuarzo de veta dentro de los sedimentos del basamento de arenisca roja y limolita (¿Formación Tena?) del río Llushín podrían tener un potencial económico considerable si se demuestran la ley de oro y el tonelaje. Estas gravas son similares en apariencia y composición a la Formación Tiyuyacu aurífera (Jemielita y Bolaños, 1992) expuesta en la zona subandina a lo largo de gran parte de la extensión de la Cordillera Real (mapa geológico de Ecuador a escala 1:1 millón, 1982).

En resumen, el potencial mineral del área se considera bueno, pero el potencial económico es bajo o inexistente.

4. REFERENCIAS

ASPDEN, J. AND SALTOS, L. (1989) Proyecto Cordillera Real Mapa geológico Alao-Huamboya-Carmelo. Map S:32. INEMIN, Quito.

JEMIELITA, R. A. AND BOLAÑOS, J. (1992) Informe técnico de comisión a: Cochapamba-Oyacachi-El Chaco-Río San Juan Grande-Río Santa María-Cosanga-Ríos área de Cosanga-Río Aliso-Río Cosanga-Ríos área de Puyo-Baños, del 24 de febrero al 10 de marzo, Memo N° 1185.

LITHERLAND ET AL. (1990) La geología y potencial mineral de la Cordillera Real, Ecuador.

PILLAJO, E. AND BAEZ, N. (1983) Mapa del potencial aurífero aluvial de la República del Ecuador. DGGM, Quito, Ecuador.

Mapa geológico (escala 1:100000): Baños

Mapas topográficos (escala 1:50000, censal): Madre Tierra, Río Shiyacu, Río Palora. I.G.M.

Dr. Richard Jemielita

